www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

6e JAARGANG No. 2, blz. 33-64 FEBRUARI 1941

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

VLIEGVELDVERLICHTING MET WATERGEKOELDE KWIKLAMPEN

door Th. J. J. A. MANDERS. 628.971.8 : 656.71 : 621.327.3

Voor het verlichten van de landingsvlakte van een vliegveld wordt een aan de rand van het veld opgestelde lichtbron gebruikt, die een platte, waaiervormige lichtbundel uitzendt. Een globale berekening toont, dat de bundel een verticale openingshoek van de orde van grootte van 1° of minder moet hebben, terwijl de lichtsterkte meer dan 1 millioen kaars moet bedragen. Voor het verwezenlijken van een dergelijke lichtbundel zijn watergekoelde hooge druk kwiklampen bij uitstek geschikt. Er wordt hier een beschrijving gegeven van de kwiklamp SP 2000 W, die voor het beoogde doel voorzien is van een koelsysteem met gesloten watercirculatie. Eenige bijzonderheden van het koelsysteem worden nader besproken.

Voor het veilig volbrengen van nachtlandingen op een vliegveld is, naast een voldoende bebakening van belangrijke punten rondom het vliegveld [1]), in de eerste plaats een toereikende verlichting vereischt van de landingsvlakte zelf. Uit den aard der zaak moet deze vlakte echter geheel vrij zijn van obstakels, zooals masten en dergelijke. De verlichting, die natuurlijk het aanbrengen van apparaten op een zekere hoogte boven het terrein medebrengt, kan dus alleen van de rand van het vliegveld af worden bewerkstelligd. De eischen, die hieruit voortvloeien voor de constructie der te gebruiken lichtbronnen, willen we in dit artikel in het kort bespreken. Het zal blijken, dat de hooge druk kwiklamp, en met name die met waterkoeling, voor het beoogde doel bijzonder geschikt is. Een dergelijke lamp, die voorzien is van een gesloten koelsysteem, zal hier nader worden beschreven.

Eischen voor de verlichting der landingsvlakte

In het algemeen is het gewenscht, dat van de landingsvlakte een gedeelte wordt verlicht van zoodanige lengte, dat het landende vliegtuig bij het uitrollen nog op het verlichte gedeelte van het veld tot staan komt, en van zoodanige breedte, dat de piloot voldoende speling heeft in de keuze van de plaats van neerkomen en dat er geen storende contrasten links en rechts in zijn gezichtsveld optreden. Volgens de internationaal vastgestelde richtlijnen (C.I.E. 1935 en 1939) worden op grond van deze overwegingen afmetingen van minstens 600 × 300 m voor het te verlichten gedeelte aanbevolen.

Aangezien de piloot niet door de lichtbron verblind mag worden, laat men de verlichting slechts van één zijde van het vliegveld geschieden, nl. zoo, dat de richting der lichtstralen ongeveer samenvalt met de bewegingsrichting van het landende vliegtuig. Voorts kan de lichtbron om geen obstakel te vormen en ook om practische redenen niet al te hoog worden opgesteld. Men komt dus tot een opstelling als in *fig. 1* is geschetst. De lichtbron werpt hierbij een platte, waaiervormige lichtbundel op het veld [2]).

Er wordt nu in de reeds genoemde internationale richtlijnen geeischt, dat de kleinste optredende verlichtingssterkte, d.i. die aan het verst verwijderde uiteinde van het te verlichten gedeelte, 1,5 lux bedraagt (in een verticaal vlak [3]) gemeten). Nog beter is het wel, met een minimum van 2,5 lux te rekenen. Anderzijds wordt aanbevolen om de hoogste voorkomende verlichtingssterkte, die op-

[1]) Zie G. L. van Heel, De verlichting en bebakening van vliegvelden, Philips techn. T. 4, 97, 1939.

[2]) De scherende verlichting van het veld heeft tengevolge, dat door oneffenheden van het terrein lange schaduwen ontstaan. Ter beperking van dit ongewenschte effect zal men de lichtbron in ieder geval zoo hoog opstellen, als met de genoemde bezwaren valt te vereenigen.

[3]) In verband met de scherende verlichting is het meten in een verticaal vlak de aangewezen methode. Deze metingen leveren echter meestal ook een goede maat voor het verkregen effect (de door den piloot waargenomen helderheid), daar de landingsvlakten veelal met gras zijn bedekt, waardoor het verlichte „vlak" feitelijk uit ontelbare, bijna verticaal staande, reflecteerende vlakjes bestaat. Inderdaad constateert men hier bij het kijken in de verlichtingsrichting de grootste helderheid. Het helderheidsniveau komt dan ongeveer overeen met dat op goed verlichte wegen, met een verlichtingssterkte van 3 à 10 lux.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

treedt aan de zijde van het veld nabij de lichtbron, tot 25 lux te beperken, teneinde de adaptatie van het oog van den piloot niet te bederven. Om aan deze eisch te voldoen stelt men de lichtbron op voldoende afstand (x in fig. 1) van de rand van het te verlichten vlak op.

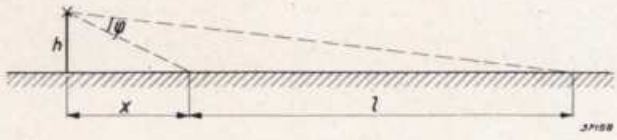

Fig. 1. Schema van de opstelling van een landingslicht. φ verticale openingshoek van de lichtbundel. De hoogte h is hier terwille van de duidelijkheid sterk overdreven. Op schaal geteekend, zou h in deze figuur ongeveer $^1/_4$ mm lang worden.

Stellen we ons eenvoudigheidshalve voor, dat de lichtbundel naar boven en beneden scherp begrensd is en de lichtsterkte over de geheele verticale openingshoek constant is, dan kunnen we gemakkelijk de vereischte lichtsterkte I en de openingshoeken van de bundel berekenen. Wanneer l de lengte van de te verlichten strook is ($l = 600$ m), volgt de afstand x uit de voorwaarde

$$\frac{I}{x^2} : \frac{I}{(l+x)^2} = 25 : 2{,}5,$$

$$x = 0{,}46\, l \approx 280 \text{ m}.$$

De lichtsterkte wordt dus

$$I = 25 \cdot 280^2 \approx 2 \text{ millioen kaars}.$$

Tusschen de hoogte h van de lichtbron boven de grond en de verticale openingshoek φ vindt men de betrekking

$$\varphi \approx \frac{h}{x} - \frac{h}{l+x} \approx 0{,}0025\, h.$$

Bij een hoogte $h = 3{,}5$ m wordt $\varphi \approx {}^1/_2{}^\circ$. Stelt men nog, zooals gebruikelijk is, de voorwaarde, dat de piloot ook onder hoeken met de lichtrichting tot 45° naar rechts of links moet kunnen landen, dan volgt hieruit (zie *fig. 2*), dat de horizontale openingshoek van de lichtbundel minstens ongeveer 80° moet bedragen.

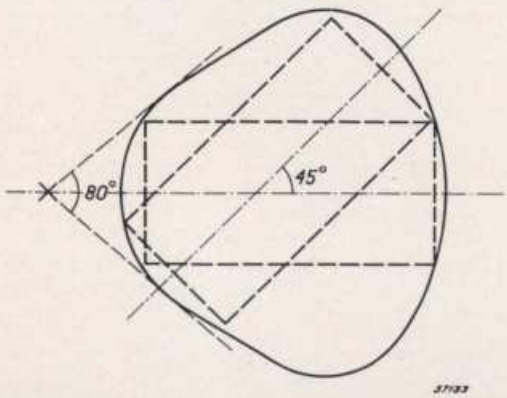

Fig. 2. Plattegrond van de landingsvlakte, waarop het te verlichten gedeelte is aangegeven. In een willekeurige richting binnen een hoek van 90° aankomende, moet de piloot een verlichte strook van 300 × 600 m ter beschikking hebben.

Natuurlijk kan men in werkelijkheid geen lichtbundel maken met de hier onderstelde scherpe begrenzing, maar zal de lichtsterkte naar de rand min of meer geleidelijk afnemen. Ook hebben we in de bovenstaande beschouwing de atmosferische absorptie geheel verwaarloosd. Niettemin blijkt er wel reeds voldoende duidelijk uit, welke ongewone eischen hier aan de lichtbron worden gesteld.

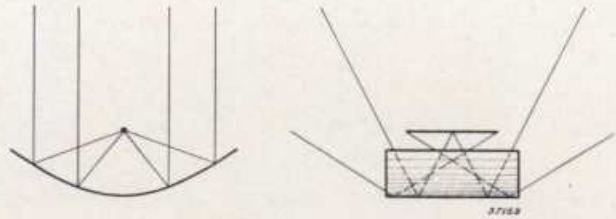

Fig. 3. Cylindrische paraboolspiegel, in welks as het licht uitstralende lichaam wordt gebracht.

De meest geschikte wijze om de beschreven waaiervormige bundel te verkrijgen is het plaatsen van een lamp in de horizontaal gelegen as van een cylindrische paraboolspiegel, zie *fig. 3*. In de richting van de as mag het lichtuitstralend lichaam vrij lang zijn. Om de verticale openingshoek van de verkregen bundel klein te houden, moeten echter de dwarsafmetingen van het stralend lichaam klein zijn ten opzichte van de afmetingen van de spiegel. Wil men niet in reusachtige spiegelconstructies vervallen, dan zal men dus lampen met een zeer smal lichtuitstralend vlak moeten construeeren, terwijl hierbij om de vereischte lichtsterkte te verkrijgen, de helderheid van het stralende vlak zeer hoog zal moeten worden opgevoerd. Het is mogelijk aan deze eischen met geschikt geconstrueerde gloeilampen te voldoen; *fig. 4* laat zien, tot welke gloeidraadconstructies men dan komt. Een elegantere oplossing van het probleem is echter het gebruik van

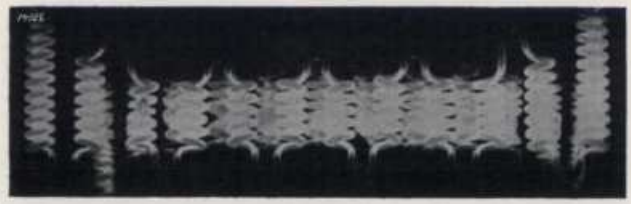

Fig. 4. Voor het verkrijgen van de gewenschte bundeling moet het licht uitstralend lichaam zeer smal worden gemaakt, terwijl het wel langgerekt mag zijn. De foto laat zien, tot welke constructies men komt, indien men de benoodigde lichtstroom met een gloeidraad wil verkrijgen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

hooge druk kwiklampen, welke reeds van nature een langgerekte vorm en een hooge helderheid bezitten. Ook de spectrale samenstelling van het kwiklicht is bijzonder geschikt om een groene grasmat te verlichten, waarmee de meeste vliegvelden (hetzij in hun geheel, hetzij rondom eventueele startbanen) zijn bedekt [4]).

Luchtgekoelde en watergekoelde kwiklampen

In het aangehaalde artikel [1]) werd reeds een beschrijving gegeven van een hooge druk kwiklamp (HP 1000 W), die voor vliegveldverlichting werd ontwikkeld. Met behulp van een cylindrisch-parabolische reflector werd hierbij een maximale lichtsterkte verkregen van 250 000 K, bij een openingshoek van de bundel van ca 2° (met openingshoek is hier die hoek bedoeld, waarbij de lichtsterkte op de helft van de in de asrichting optredende waarde is gedaald). Voor het verwezenlijken van de gewenschte verlichting van de landingsvlakte moeten dus verscheidene van deze lampen worden toegepast.

De hooge druk kwiklampen hebben een hoogere helderheid naarmate een grooter vermogen per cm lengte van de ontladingszuil wordt opgenomen [5]). Met dit vermogen neemt nl. niet alleen de lichtstroom toe, maar bovendien stijgt het rendement, terwijl de diameter van de licht uitzendende ontladingsbaan daalt; het mes snijdt dus, als men zoo wil, niet aan twee, maar zelfs aan drie kanten. Aangezien het vermogen, dat de hooge druk kwiklamp kan opnemen, in hoofdzaak beperkt wordt door de verwarming van de buiswand, wordt een aanzienlijke vooruitgang in helderheid verkregen, wanneer men een geforceerde koeling van de buiswand toepast. Terwijl bij de genoemde lampen HP 1000 W, waarbij de koeling door de omgevende lucht moest worden bewerkstelligd, een maximale helderheid (in de as van de ontlading) van 1400 K/cm² optreedt, verkrijgt men bij toepassing van waterkoeling gemakkelijk 20 à 30 maal, bij laboratoriumproeven zelfs 100 maal zoo groote waarden [6]). In *tabel I* zijn de verschillende gegevens verzameld van de watergekoelde kwiklamp SP 2000 W, die evenals de HP 1000 W speciaal voor vliegveldverlichting is bestemd. Men ziet, dat hier reeds met één of twee lampen de geheele landingsvlakte kan worden verlicht. In *fig. 5* geven we de verticale en horizontale lichtverdeelingskromme van de lamp met reflector weer, terwijl *fig. 6* de verdeeling van de verlichtingssterkte over de verlichte vlakte laat zien.

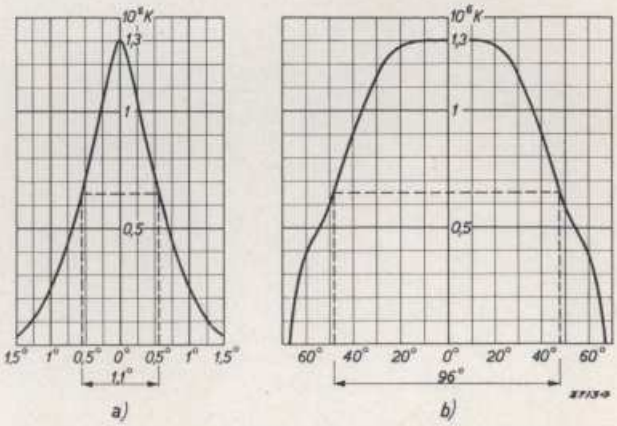

Fig. 5. Lichtverdeelingskromme van de SP 2000 W in cylindrische paraboolspiegel; *a*) in een verticaal vlak loodrecht op de brandlijn, *b*) in het horizontale vlak door de brandlijn. De lichtsterkte in de as van de bundel is 1,3 millioen kaars, de openingshoek in het verticale vlak bedraagt ca 1°, in het horizontale vlak ca 90°.

Behalve de economische voordeelen, welke de hoogere helderheid (mogelijkheid van een betere bundeling) en het hoogere rendement meebrengen, heeft de watergekoelde kwiklamp nog een belangrijk technisch voordeel ten opzichte van de niet kunstmatig gekoelde. Schakelt men een kwiklamp in, dan moet de lamp eerst warm worden alvorens de volle lichtstroom te leveren. Schakelt men de lamp uit, dan is een opnieuw ontsteken eerst mogelijk na voldoende afkoeling van de lamp (daling van de kwikdruk). Terwijl bij de lamp met natuurlijke koeling zoowel voor het opwarmen als voor het afkoelen verscheidene minuten noodig zijn, is de watergekoelde lamp na het uitschakelen vrijwel onmiddellijk weer bedrijfsklaar en warmt na het inschakelen, dank zij het groote opgenomen vermogen, binnen weinige seconden tot de eindtemperatuur op. Een en ander is voor een intermitteerend bedrijf, zooals op vliegvelden veelal zal voorkomen, zeer gewenscht.

Tabel I

Gegevens van de watergekoelde kwiklamp SP 2000 W.

Opgenomen vermogen	2000 W
Lichtstroom	ca 120 000 lumen
Rendement	ca 60 lm/W
Lengte van ontlading	50 mm
Grootste helderheid (in as)	ca 30 000 K/cm²
Gemiddelde levensduur	150 uur
Verkregen lichtbundel (met reflector):	
verticale openingshoek	ca 1,1°
maximale lichtsterkte	ca 1,3·10⁶ K

[4]) Zie hierover het in [1]) aangehaalde artikel.

[5]) Zie bijv. Philips techn. T. **2**, 165, 1937 en de daar opgegeven artikelen.

[6]) Op deze manier is het gelukt de helderheid van de zon, die ca 165 000 K/cm² bedraagt, te overtreffen (Philips techn. T. **1**, 62, 1936). — In het in [1]) aangehaalde artikel werd de in het navolgende beschreven lamp SP 2000 W, die toen nog in een proefstadium verkeerde, ook reeds vermeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

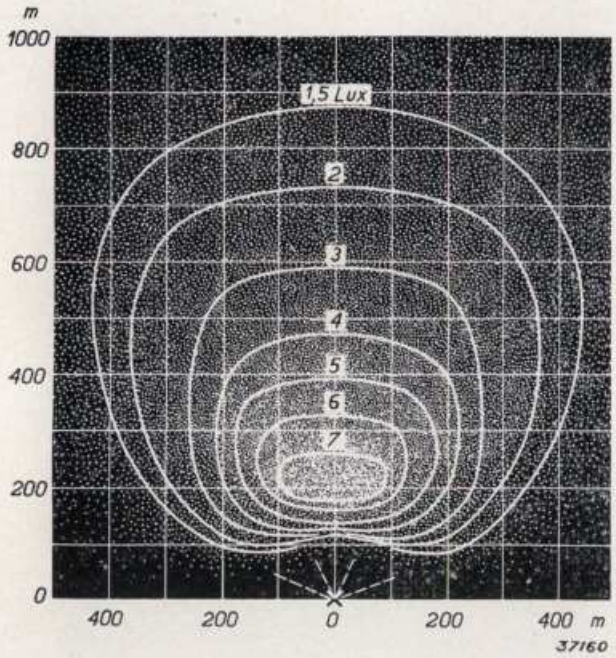

Fig. 6. Beeld van de verdeeling van het licht op de verlichte landingsvlakte.

Practische uitvoering van de waterkoeling

De wijze, waarop de waterkoeling wordt uitgevoerd, is in *fig. 7* getoond[7]). Het met kwikdamp gevulde kwartsbuisje bevindt zich in de gemeenschappelijke as van twee cylindervormige glazen omhulsels. Het water doorloopt eerst de binnenste cylinder en stroomt daarna door de ringvormige ruimte tusschen de beide glazen cylinders weer terug. Toe- en afvoer van het koelwater vinden dus

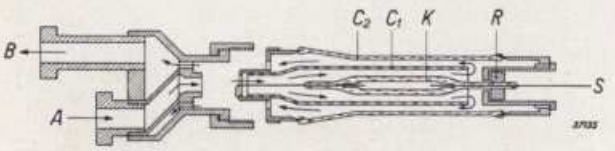

Fig. 7. Kwiklamp met waterkoeling. Het water stroomt bij *A* toe, omspoelt het kwartsbuisje *K* van de lamp in de binnenste glazen cylinder C_1, stroomt tusschen de cylinders C_1 en C_2 weer terug en wordt bij *B* afgevoerd. Rechts de stroomtoevoerdraad *S*, die van het koelwater is geïsoleerd door middel van het rubberkapje *R*, dat door een „Philite"-dop wordt aangedrukt.

aan dezelfde zijde van de lamp plaats, met behulp van het in fig. 7 weergegeven aansluitstuk. Dit vormt tevens de stroomtoevoer tot de eene electrode, terwijl de stroomtoevoerdraad van de andere electrode van het koelwater is geïsoleerd door middel van een rubber omhulsel over het uiteinde van de kwartsbuis (zie de figuur). De aansluitingen voor de stroomtoevoer aan het eene uiteinde en de watertoevoer aan het andere zijn zoo uitgevoerd en in de reflector gemonteerd, dat bij het inzetten van de lamp met omhulsels de licht uitzendende ontladingsbaan automatisch in de brandlijn van de paraboolspiegel komt te staan.

Door de dubbele doorstrooming van het water wordt een effectieve koeling verkregen. Weliswaar moet het licht hierbij een dubbele laag van water en glas passeeren; van het zichtbare licht wordt echter hierin slechts weinig geabsorbeerd, zoodat dit in ons geval geen bezwaar oplevert. De benoodigde hoeveelheid koelwater, bij een toelaatbare temperatuurstijging van het water van 70°, bedraagt 6 à 8 l/min. Wegens het betrekkelijk kleine oppervlak, waarop de warmte-overdracht van het water plaats kan vinden, moet met vrij groote stroomingssnelheden worden gewerkt (ongeveer 5 m/sec), waarvoor een overdruk van 0,3 à 0,5 atm vereischt is.

Waar krijgt men nu het noodige koelwater vandaan? Het ligt voor de hand het water uit de plaatselijke waterleiding te gebruiken. Om verschillende redenen is echter deze eenvoudig lijkende oplossing minder geschikt. Ten eerste ligt de plaats, waar de lichtbron bij een landing moet staan, meestal niet vast. Immers, de vliegtuigen moeten in het algemeen tegen de windrichting in landen; naar gelang van de windrichting moet dus het landingslicht op verschillende punten aan de rand van de landingsvlakte staan. Of men nu in deze noodzakelijkheid voorziet door het opstellen van een groot aantal, naar keuze te ontsteken, lichten rondom het vliegveld, dan wel door middel van één verplaatsbare installatie — in beide gevallen zou voor de koeling een uitgebreid net van waterleidingsbuizen moeten worden aangelegd. Een tweede bezwaar doet zich dan voor in de winter: hoe moet het buizensysteem beschermd worden tegen het gevaar van bevriezen? En last not least: in het algemeen is het water uit de waterleiding niet voldoende zuiver, zoodat al spoedig een neerslag op het kwartsbuisje van de kwiklamp ontstaat. Deze neerslag bestaat ten deele uit de bekende ketelsteen, veelal echter ook uit kool en andere stoffen, die gevormd worden door ontleding van, in minimale hoeveelheden aanwezige, organische en andere verontreinigingen, vermoedelijk tengevolge van de buitengewoon intensieve ultraviolette straling, waaraan de langs de lamp stroomende koelvloeistof is blootgesteld. Een dergelijke neerslag is niet alleen oorzaak van een geringere lichtdoorlating en daardoor van een achteruitgang van de lichtopbrengst, maar brengt tevens door de grootere absorptie en de slechtere warmte-overdracht aan het water een plaatselijk te hooge verhitting van de buiswand mede, waardoor deze aan de binnenzijde door de kwikdamp wordt aangetast (geëtst)

[7]) Voor speciale gevallen worden ook andere constructies toegepast, dan in het navolgende is beschreven. Met name kan de toe- en afvoer van het water ook aan weerskanten plaatsvinden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

en op de aangetaste plekken eerder neiging tot breken vertoont.

Gesloten koelsysteem

Al deze bezwaren kunnen worden vermeden door de kwiklamp te voorzien van een koelsysteem met gesloten watercirculatie. Het gevaar van bevriezen kan dan worden vermeden door aan het water een geschikt anti-vriesmiddel toe te voegen, terwijl overigens het water vrij gehouden kan worden van alle verontreinigingen, die aan ontleding onderhevig zouden zijn. Als anti-vriesmiddel wordt meestal alcohol met een spoortje natriumfosfaat gebruikt. Met het oog op het gevaar van ontleding bleek het noodig er voor te zorgen, dat ook de alcohol vrij is van verontreinigingen. Verder bleek het ook noodzakelijk, voor de as van de circulatiepomp een vetvrije afdichting te gebruiken, aangezien de geringe hoeveelheden vet, die bij toepassing van de gebruikelijke pakkingbus in het water kwamen, eveneens ontleed werden en weer een neerslag op de lamp veroorzaakten.

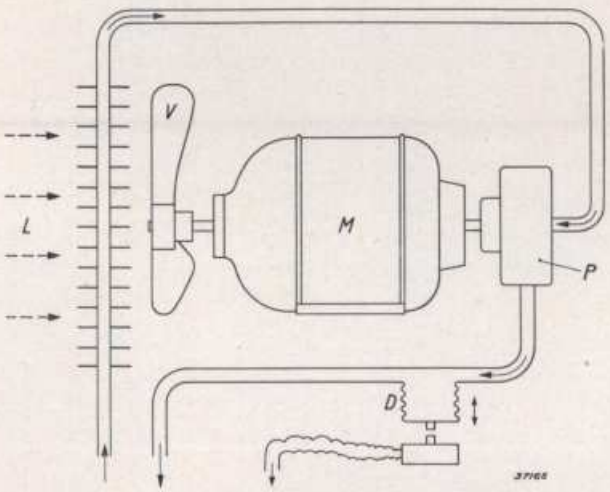

Fig. 8. Samenstelling van het koelsysteem. Het centrifugaalpompje *P* houdt het water in circulatie. De electromotor *M* drijft tegelijk de pomp aan en de ventilator *V*, die voor de koeling van de radiator *L* zorgt. *D* is een drukautomaat, die de lamp uitschakelt bij storing van de watercirculatie.

Het uitgevoerde koelsysteem bevat een hoeveelheid koelwater van slechts ca $1^1/_4$ liter. Gezien het feit, dat voor de kwiklamp SP 2000 W volgens het bovenstaande 6-8 l koelwater per minuut vereischt zijn, heeft het water na het verlaten van de lamp slechts ongeveer 10 seconden tijd om de opgenomen warmte weer kwijt te raken en zich tot de begintemperatuur af te koelen. Hiervoor is een radiator van het bij auto's gebruikelijke type aangebracht. De radiator wordt door middel van een ventilator gekoeld, die op dezelfde, door een electromotor van 150 W aangedreven, as zit als het centrifugaalpompje, dat het water doet circuleeren. In *fig. 8* en *9* is deze opstelling te zien.

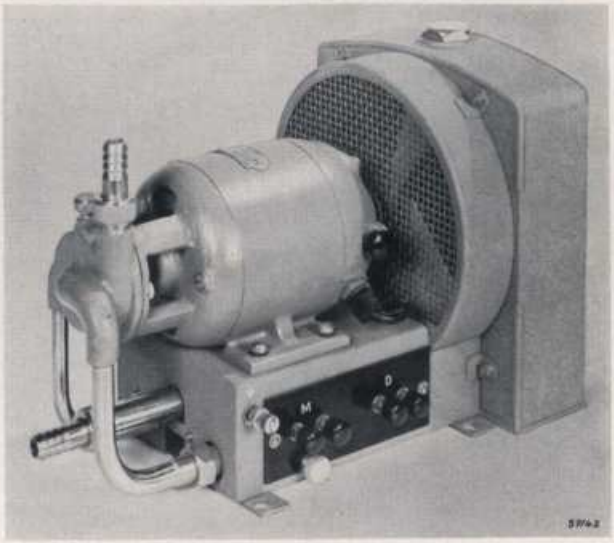

Fig. 9. Foto van het koelsysteem.

Wordt door een of andere oorzaak de watercirculatie gestoord, dan moet om vernieling van het kwiklampje te voorkomen onmiddellijk de stroomtoevoer verbroken worden. Hiervoor is in de toevoerleiding van het koelwater naar de lamp een drukautomaat aangebracht, waarvan de constructie in fig. 8 is geschetst: het koelwater vult een harmonica-achtige pijp, die naar gelang van de waterdruk meer of minder uitzet en hierbij een druk-

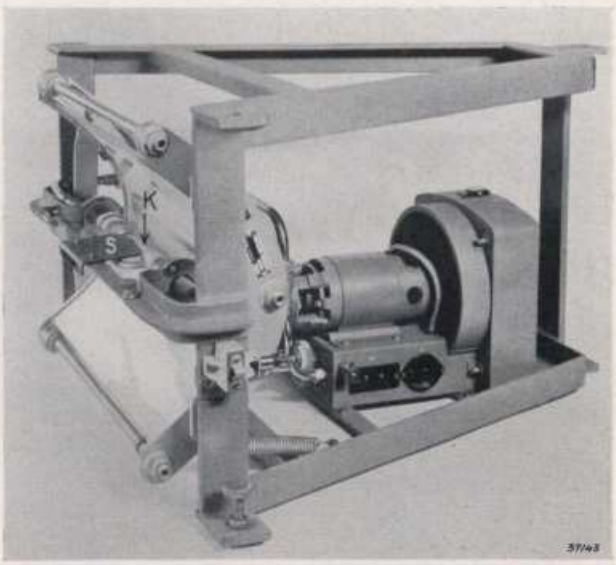

Fig. 10. Chassis met reflector en koelsysteem. Het plaatje *S* schermt het naar boven gerichte directe licht van de kwiklamp *K* af, om verblinding tegen te gaan. De ventilator draagt bij tot de koeling van de reflector. Er kunnen verscheidene eenheden als hier afgebeeld op elkaar gestapeld worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

knop indrukt, die een schakelaar in de stroomkring van de lamp bedient. Daalt de druk onder een bepaalde waarde, dwz. komt de drukknop ver genoeg „uit", dan springt de schakelaar om en onderbreekt de stroomtoevoer. Door een stelschroef aan de drukknop kan worden ingesteld, bij welke druk het uitschakelen zal plaats vinden.

Fig. 10 laat zien, hoe het koelsysteem en de reflector tot een geheel worden vereenigd. In deze opstelling draagt de luchtstroom, die de ventilator door de radiator stuurt, ook nog bij tot de koeling van de reflector. Het chassis is als een soort „stapelmeubel" uitgevoerd, dwz. er kunnen naar behoefte verschillende volledige systemen op elkaar worden gezet, wanneer men met één enkele lamp niet toekomt. De reflector kan door een stelschroef om zijn brandlijn worden gedraaid, waardoor de lichtbundel gemakkelijk onder de juiste hoek kan worden gezet, resp. bij gebruik van verscheidene lampen de bundels evenwijdig kunnen worden gericht. De op elkaar gestapelde systemen worden in een regen- en zanddicht huis met glazen voorruit gemonteerd, zie *fig. 11*, waardoor de spiegels beschermd zijn tegen atmosferische invloeden. De noodige lucht voor het koelen van de radiator wordt toe- en afgevoerd door een aantal spleten, waarachter een soort labyrinth aansluit, dat regen, stof enz. tegenhoudt.

Fig. 11. Drie op elkaar gestapelde eenheden (fig. 10) zijn hier in een regen- en zanddicht huis gemonteerd.

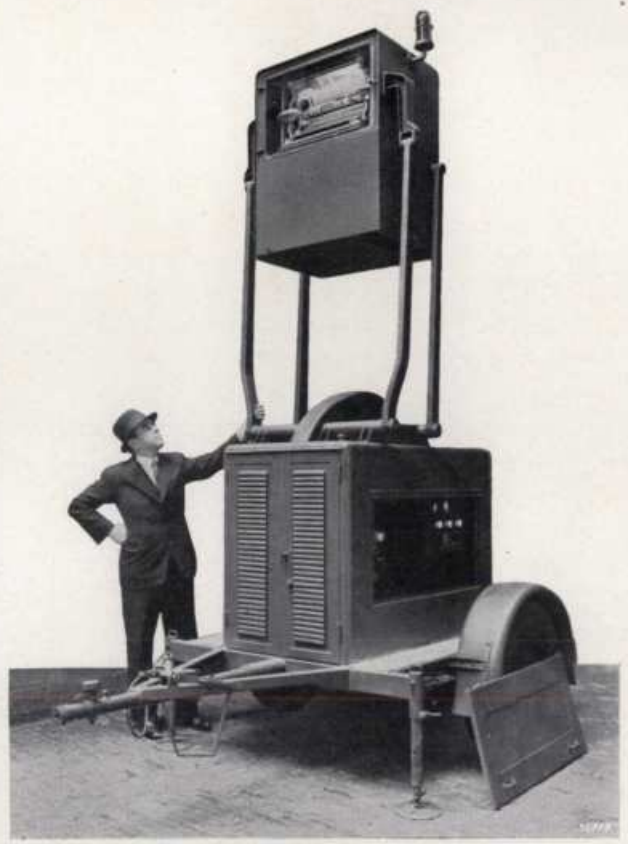

Fig. 12. Combinatie van een landingslicht met een benzinemotor + dynamo voor de stroomopwekking. Door een ingebouwde lier en de op het aggregaat zichtbare hefboomenparallelogram kan het licht op elke hoogte tusschen 2 en 4 m worden gebracht. Met behulp van de min of meer uitschroefbare pooten van het wagentje kan de lichtwaaier evenwijdig aan de landingsvlakte worden gericht, waarna door draaien van de reflector om zijn brandlijn de bundel onder de gewenschte hoek op het veld wordt geworpen.

Voor afgelegen vliegvelden, die niet beschikken over een aansluiting op een electrisch net, of voor gevallen, waarin geen leiding rondom het geheele vliegveld kan worden aangelegd voor het verkrijgen van de noodige vrijheid in de opstelling van het landingslicht, wordt dit gecombineerd met een verrijdbaar motor-aggregaat voor de stroomopwekking. Een dergelijke installatie is in *fig. 12* weergegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

EEN GELIJKRICHTER VOOR KLEINE TELEFOONCENTRALES

door H. A. W. KLINKHAMER. 621.314.634 : 621.316.722

Voor het voeden van telefooncentrales, die geheel zonder toezicht werken, wordt gewoonlijk een parallelschakeling van een gelijkrichter en een batterij gebruikt. De stroom-spanning-karakteristiek van de gelijkrichter moet daarbij, zooals in dit artikel wordt uiteengezet, aan zeer speciale eischen voldoen om de gewenschte constantheid van de voedingsspanning te waarborgen en tegelijk de batterij in goede conditie te houden. Er wordt hier een door Philips ontwikkelde gelijkrichter beschreven, welks karakteristiek de gewenschte algemeene vorm bezit. De berekening van de karakteristiek toont aan, dat deze uit twee afzonderlijke takken bestaat, één voor normale en één voor groote belasting. Dit heeft, zooals uit een nadere beschouwing blijkt, een bijzonder gunstig gedrag van de gelijkrichter in het bedrijf tengevolge. Bovendien is de uitgangsspanning van de gelijkrichter ook vrijwel onafhankelijk van netspanningsvariaties.

Voor de voeding van telefooncentrales is in het algemeen een gelijkspanning vereischt, die binnen zeer nauwe grenzen constant moet worden gehouden. Bij te lage spanning loopen de kiesorganen, die de verbindingen tot stand brengen, te langzaam, waardoor men een verkeerd nummer kan krijgen. Bij te hooge spanning neemt de voor de levensduur van de installatie schadelijke vonkvorming sterk toe, hetgeen dan nog in de hand gewerkt wordt door het snellere loopen der kiezers. Zoo wordt bij de installaties van de Nederlandsche P.T.T. de eisch gesteld, dat de voedingsspanning der groote centrales tusschen 60 en 62 volt blijft, onafhankelijk van variaties in de belasting.

Meestal wordt voor de voeding een combinatie van een accu-batterij en een omvormer of gelijkrichter gebruikt. De laatste, welks uitgangsspanning ook bij tijdelijke spanningsvariaties van het wisselstroomnet binnen de genoemde grenzen moet blijven, dient voor het normale bedrijf, terwijl de, opzichzelf minder economisch werkende, batterij als reserve wordt gebruikt, wanneer door een storing de netspanning wegvalt (noodbedrijf). Bovendien heeft de batterij de taak om het „overspreken" tegen te gaan. De microfoons van alle telefoon-abonné's zijn immers parallel op de spanningsbron aangesloten en dus via de inwendige weerstand van deze gekoppeld. Stroomvariaties in één microfoon hebben daardoor soortgelijke variaties in alle andere microfoons tengevolge, tenzij men de koppelweerstand uiterst klein maakt. Dit wordt juist bewerkstelligd, door de batterij, met haar zeer kleine inwendige weerstand, permanent aan te sluiten, zie *fig. 1*. Heeft de batterij een keer stroom moeten leveren, dan moet zij zoo snel mogelijk weer worden bijgeladen om steeds een zoo groot mogelijke reserve te hebben. Voorts moet men de batterij, om haar in goede conditie te houden, enkele keeren per maand tot een iets hoogere spanning laden dan de nominale (bijv. 66 V in plaats van 62).

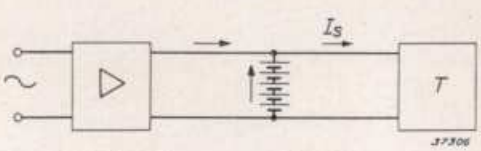

Fig. 1. Parallelschakeling van gelijkrichter en batterij. De belastingsstroom I_s verdeelt zich over kiesorganen, microfoons enz. in het aangesloten telefoonnet en de centrale (T).

In de groote centrales kan het controleeren van de spanning en het onderhoud van de batterij aan het bedieningspersoneel worden toevertrouwd. Bij kleine centrales, met slechts enkele honderden aangesloten abonné's, moet men het echter zonder personeel stellen; het constant houden van de spanning, waarvoor men in dit geval de toelaatbare grenzen iets ruimer neemt, nl. 57 tot 63 V, en de verzorging van de batterij moeten hier dus automatisch geschieden. Hieronder zal een gelijkrichter met seleenventielen worden beschreven (type Nr. 3028), die door Philips voor deze zg. onbewaakte centrales is ontwikkeld en die in hooge mate bij de speciale eischen van dit bedrijf is aangepast.

Welke algemeene gedaante moet de karakteristiek van de gelijkrichter hebben?

Het is gemakkelijk in te zien, dat een normale gelijkrichter, dwz. een schakeling van ventielen, via een gewone transformator aangesloten op het net, voor het beoogde doel onbruikbaar zou zijn. Ten eerste zou de verkregen gelijkspanning van bijv. 60 V reeds ca 12 V kunnen varieeren, doordat de netspanning wel eens tot 10% boven of beneden de nominale waarde kan stijgen of dalen. Hierbij komt nog de spanningsvariatie tengevolge van belastingsveranderingen. De stroom-spanning-karakteristiek van een normale 60 V-gelijkrichter met sperlaagventielen vertoont door het spanningsverlies in de ventielen een spanningsdaling, die bij volle belasting 15 à 20 V kan bedragen. Vergelijkt men

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

deze variaties met de bovengenoemde marge van 6 V, nl. 63 tot 57 V, dan is het duidelijk, dat bij de constructie andere wegen moeten worden ingeslagen.

In werkelijkheid worden de toelaatbare spanningsgrenzen voor het normale bedrijf nog nauwer door het volgende: de batterijspanning past zich voortdurend aan bij de gelijkrichterspanning, en bij niet te snelle spanningsvariaties verandert dienovereenkomstig ook de ladingstoestand van de batterij. Het kan nu voorkomen, dat de netspanning juist wegvalt op een oogenblik, dat de batterijspanning zich op de laagste waarde van het normale bedrijf had ingesteld. Wil men zeker zijn, dat de batterij dan in het noodbedrijf de spanning nog een bepaald aantal uren boven 57 V kan handhaven, dan mag de genoemde laagste spanningswaarde van het normale bedrijf niet beneden bijv. 60 V liggen, zie *fig. 2*. De spanningsmarge voor de gelijkrichter, dwz. de toelaatbare spanningsdaling in het normaal gebruikte stuk van zijn karakteristiek (*BC* in *fig. 3*) is daarmee tot hoogstens 3 V beperkt.

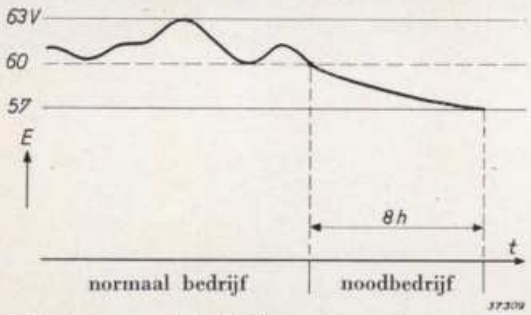

Fig. 2. In het normale bedrijf mag de voedingsspanning tusschen de aangegeven grenzen van 63 V en bijv. 60 V varieeren. In het noodbedrijf, waarin alleen de batterij werkt, mag zij na bijv. 8 uren tot 57 V gedaald zijn.

Behalve over het normaal gebruikte gedeelte van de karakteristiek kan ook over de uiteinden van de karakteristiek, d.i. het verloop bij kleine en groote stroomen, reeds iets worden gezegd. Bij groote stroomen is een steile daling gewenscht om te verhinderen, dat de sperlaagventielen overbelast kunnen worden. Bij zeer kleine stroomen is een steil oploopen van de karakteristiek nuttig (fig. 3). Dit beteekent nl., dat de batterij bij zeer gering verbruik niet alleen tot de normale maximum spanning van 63 V zal worden geladen, maar tot een nog hoogere spanning, bijv. 66 V. Aangezien perioden van zeer gering verbruik regelmatig optreden tijdens het weekeinde, wordt daarmee automatisch aan de hierboven vermelde eisch van het periodiek hooger laden van de batterij voldaan. Weliswaar komt men hierbij in strijd met de eisch, dat de op de batterij aangesloten telefoonautomaat niet op een spanning boven 63 V mag werken. Practisch ontstaat hierdoor echter geenerlei nadeel, wanneer de karakteristiek in dit gebied maar steil genoeg verloopt. Enkele oproepen zijn dan reeds voldoende om de spanning weer tot 63 V te doen dalen. Bij elke oproep wordt nl. een wekomvormer ingeschakeld,

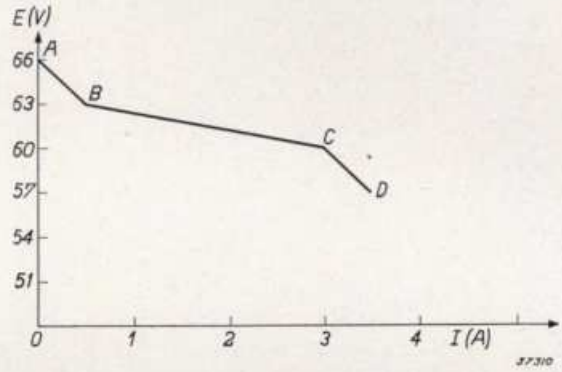

Fig. 3. Gewenschte vorm van de gelijkrichter-karakteristiek. Het stuk *BC* wordt in het normale bedrijf gebruikt, *CD* tijdens belastingspieken, *AB* in perioden van zeer kleine belasting (weekeinde).

die het oproepsignaal levert en die gedurende het geheele gesprek blijft loopen. Deze omvormer neemt een veel grootere stroom op, dan bij de hooge spanning van 66 V door de gelijkrichter wordt afgegeven. Er wordt dus in deze toestand bij elke oproep vrij veel lading aan de batterij onttrokken, terwijl men, zooals uit de ontlaadkromme van de batterij blijkt, slechts een zeer klein deel van haar ampere-uren aan de batterij behoeft te onttrekken om haar spanning van 66 tot 63 V te doen dalen.

Met fig. 3, die dus in groote trekken de gewenschte vorm van de gelijkrichterkarakteristiek weergeeft, zal straks de werkelijk verkregen karakteristiek worden vergeleken.

Constructie van de gelijkrichter

De schakeling van de gelijkrichter is in *fig. 4a* weergegeven. De werking hiervan kan het beste worden verduidelijkt door eerst de eenvoudiger schakeling fig. 4*b* te beschouwen, die reeds sinds lange tijd door Philips is toegepast [1]). De ijzerkern van de, via een condensator op het net aangesloten, transformator T_1 is bij de normale stroomsterkten hoogverzadigd, het ijzerveld en daarmee ook de secundaire spanning E_1 blijft derhalve vrijwel constant ondanks vrij groote variaties van de netspanning U_1. Bij variatie echter van de secundaire stroom, bijv. tengevolge van veranderen van de rechtstreeks of via gelijkrichtventielen aangesloten belastingsweerstand, blijkt E_1 in grootte en vooral in fase (ten opzichte van de netspanning) vrij sterk te veranderen.

[1]) Zie o.a. dit tijdschrift **2**, 276, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

De door gelijkrichting van E_1 verkregen gelijkspanning is in eerste instantie evenredig met E_1, waarbij nog de spanningsverliezen moeten worden afgetrokken, die ontstaan in de ventielen, in de

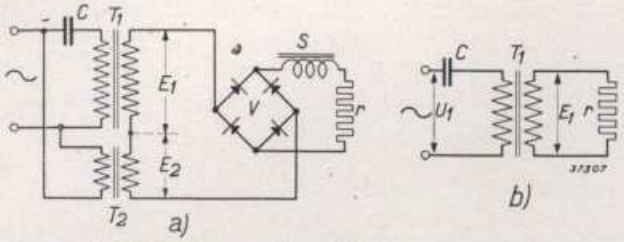

Fig. 4. *a*) Schakeling van de gelijkrichter. T_2 is een normale transformator, T_1 een transformator met hoogverzadigde ijzerkern. V zijn vier in Grätzschakeling aangebrachte seleenventielen, S een vereffeningssmoorspoel, r een belastingsweerstand. *b*) Vereenvoudigde schakeling. De uitgangsspanning E_1 is hierbij ongevoelig voor netspanningsvariaties, echter nog niet ongevoelig voor belastingsveranderingen.

wikkeling van de transformator enz. Daar E_1 en deze verliezen alle onafhankelijk zijn van netspanningsschommelingen, geldt dit ook voor de verkregen gelijkspanning, zoodat aan de voornaamste eisch is voldaan. Door de variatie van E_1 met de afgenomen stroom en door het feit, dat de genoemde spanningsverliezen sterk met de stroom toenemen, blijkt echter het verband tusschen gelijkspanning en afgegeven gelijkstroom nog geenszins de gewenschte vorm te bezitten. Met name is de helling van deze karakteristiek in het normale belastingsgebied veel grooter dan met het stuk BC in fig. 3 overeenkomt.

In de volledige schakeling fig. 4*a* staat nu in serie met E_1 de secundaire spanning E_2 van een kleine, bij normale ijzerinductie werkende, transformator T_2. Terwijl de vector E_1 in fase en grootte verandert, wanneer de afgenomen stroom varieert, blijft de vector E_2 hierbij in fase en grootte constant. Door geschikte dimensioneering van de transformatoren kan men er voor zorgen, dat de som der beide vectoren in het normale gebied van stroomsterkten bijna constant blijft, of zelfs toeneemt met toenemende stroom. Op deze wijze kan aan de karakteristiek de gewenschte helling worden gegeven. Uit de straks te geven berekening zal dit nog duidelijker worden [2]).

Wat het gedrag van de gelijkrichter bij grootere stroomsterkten dan de normale betreft, leert de berekening, dat de karakteristiek hier belangrijk afwijkt van de in fig. 3 weergegeven vorm. Het verkregen verloop blijkt echter zelfs een nog gunstiger werking van de gelijkrichter mee te brengen, dan volgens de vorm van fig. 3 was te verwachten.

Er moge nu eerst de berekening volgen.

Berekening van de karakteristiek

De berekening kan geschieden met behulp van het in *fig. 5a* weergegeven vervangingsschema van de schakeling. De transformator T_1 is hier door een zelfinductie met de admittantie $-ju$ voorgesteld, de ventielvierhoek met de aangesloten belasting is vervangen door een ohmsche weerstand met de admittantie g. De admittantie van de condensator C zij jv. De transformator T_2 is vervangen door de constante wisselspanning U_2.

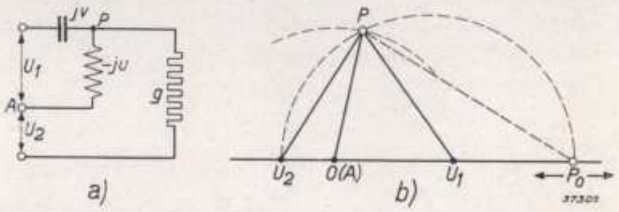

Fig. 5. *a*) Vervangingsschema voor de gelijkrichter-schakeling van fig. 4*a*.
b) Vectordiagram van het vervangingsschema. Het punt P kan bij gegeven waarde van de (als parameter op te vatten) admittantie u geconstrueerd worden als snijpunt der twee gestippeld aangegeven cirkels.

Bij een bepaalde waarde van g zal een bepaalde wisselspanning hierop komen te staan en een bepaalde wisselstroom er door vloeien. Het bij varieeren van g optredende verband tusschen deze wisselspanning en -stroom, de „wisselstroomkarakteristiek", die (afgezien van de spanningsverliezen) een beeld levert van de gevraagde gelijkrichterkarakteristiek, wordt geconstrueerd door middel van het vectordiagram. Weliswaar is dit, streng genomen, niet geoorloofd, aangezien de elementen van het netwerk niet alle onafhankelijk zijn van de spanning, en de stroomen en spanningen dientengevolge niet sinusvormig: de zelfinductie u varieert immers, wanneer de erop staande wisselspanning verandert, volgens de magnetiseeringskromme van de transformatorkern. Toch blijkt men bij gebruik van het, voor sinusvormige spanningen geldende, vectordiagram geen groote fout te maken [3]).

Dit vectordiagram is in fig. 5*b* weergegeven. De potentiaal van punt A in fig. 5*a* is gelijk nul gesteld, de complexe potentiaal van punt P duiden we aan met dezelfde letter P. De potentialen U_1 en U_2 zijn aan elkaar tegengesteld in verband met de wikkelzin van de transformator T_2. Op g staat de spanning $P-U_2$, de stroom door g is $g(P-U_2)$. Het verloop van deze beide bij varieeren van g kan het eenvoudigst worden afgeleid door u als parameter te gebruiken. Voor elke waarde van g zal zich nl. een bepaalde waarde van u instellen, en voor een gegeven waarde van u kan het punt P in het diagram worden gevonden als snijpunt van twee cirkels: ten eerste de cirkel om de oorsprong met de straal $|P|$, die volgens de (met wisselstroom gemeten) magnetiseeringskromme

[2]) Daar E_2 met de netspanning meevarieert, zou men kunnen denken, dat de werking van de hoogverzadigde transformator T_1 hierdoor tot op zekere hoogte teniet zou worden gedaan. In werkelijkheid blijkt echter door de toevoeging van E_2 de afhankelijkheid der uitgangsspanning van netspanningsvariaties zelfs nog verder verminderd te kunnen worden; zie ook fig. 10. — Een en ander geldt overigens alleen voor de normale netfrequentie. Bij variaties hiervan verandert ook de uitgangsspanning, en wel procentueel ongeveer 1,6 maal zoo sterk als de frequentie.

[3]) Alleen bij kleine uitgangsstroomen (<0,7 A), waarbij de spanning op u en dus de ijzerinductie het hoogst is, kunnen de fouten groot worden. Het gaat echter in de volgende beschouwingen in de eerste plaats juist om het gebied van grootere stroomsterkten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

bij de gegeven u behoort; P–0 is immers de wisselspanning op de zelfinductie. Ten tweede de halve cirkel geconstrueerd op de punten, welke de potentiaal U_2 en een potentiaal $P_0 = U_1 \cdot v/(v-u)$ voorstellen. Voor de potentiaal P volgt immers uit de voorwaarde, dat de som der stroomen in dit knooppunt nul is, de vergelijking:

$$g\,(P-U_2) = juP + jv(U_1-P),$$

of

$$g\,(P-U_2) = (u-v)\,j\left(P-U_1\frac{v}{v-u}\right) \quad \cdots \quad (1)$$

Aangezien g en $(u-v)$ reëel zijn, staat de spanningsvector $P-U_2$ volgens deze vergelijking steeds loodrecht op de spanningsvector $P-U_1 \cdot v/(v-u)$, dwz. P ligt op de genoemde halve cirkel. Heeft men op deze wijze P voor een waarde van u geconstrueerd, dan is daarmee ook een punt van de gevraagde wisselstroomkarakteristiek gevonden, daar de afstand $P-U_2$ de spanning op g levert en de met $u-v$ vermenigvuldigde afstand $P-U_1 \cdot v/(v-u)$ volgens verg. (1) de stroom door g aangeeft.

Voert men de constructie voor een groot aantal waarden van u uit, dan beschrijft het punt P — bij de in ons geval geldende magnetiseeringskromme — de in *fig. 6* weergegeven baan. Hieruit wordt door punt voor punt opmeten van de aangegeven afstanden de wisselstroomkarakteristiek gevonden, zie *fig. 7*.

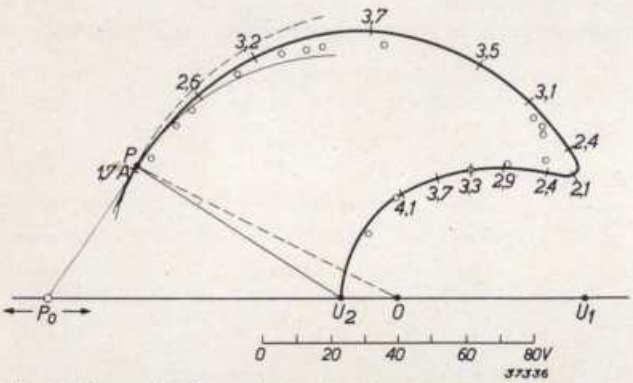

Fig. 6. Baan, die het volgens fig. 5*b* geconstrueerde punt P beschrijft, wanneer men voor u achtereenvolgens verschillende waarden kiest. Bij elk punt P (en bijbehoorend P_0) levert de lengte der beide lijnen P-P_0 en P-U_2 twee bij elkaar behoorende waarden van uitgangswisselstroom (getallen langs de kromme) en -spanning, dus een punt der „wisselstroomkarakteristiek". De cirkeltjes geven enkele door meting bepaalde punten, die goed bij de berekende kromme blijken aan te sluiten.

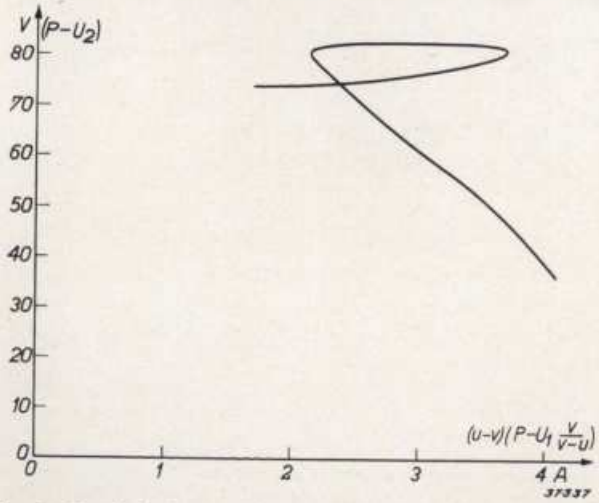

Fig. 7. Met behulp van fig. 6 geteekende wisselstroomkarakteristiek.

Het is leerzaam om hier nog een vergelijking te trekken tusschen de volledige schakeling fig. 4*a* en de vereenvoudigde fig. 4*b*. Het vectordiagram voor deze laatste zou in wezen overeenstemmen met dat in fig. 5*b*, alleen zou $U_2 = 0$ gesteld moeten worden en zou daardoor de tweede cirkel, die punt P levert, voor elke u iets veranderen. De kromme in fig. 6 (baan van punt P) zou hierbij practisch ongewijzigd blijven; als uitgangsspanning zou echter de afstand van P tot 0 moeten worden genomen (gestippelde lijn), welke met toenemende stroom sterk daalt, terwijl de in de werkelijke schakeling als uitgangsspanning optredende afstand van P tot U_2 in tegendeel een stijging met toenemende stroom vertoont [4]).

Na aftrek van de diverse spanningsverliezen wordt uit de kromme van fig. 7 de gelijkstroomkarakteristiek van de gelijkrichter gevonden. Gelet op de vrij ruwe benadering, blijkt deze kromme heel behoorlijk overeen te stemmen met de gemeten karakteristiek, die in *fig. 8* is weergegeven.

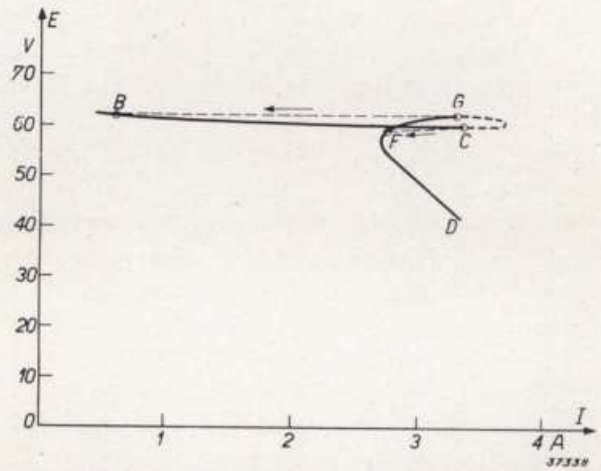

Fig. 8. Gemeten karakteristiek van de gelijkrichter. De toestandspunten op de lus, welke de takken BC en DFG verbindt, zijn niet stabiel, zoodat een overgang tusschen de beide takken alleen sprongsgewijze, nl. van C naar F en van G naar B, plaats kan vinden.

Gedrag van de gelijkrichter in het bedrijf

In de verkregen karakteristiek van fig. 8 kan allereerst worden geconstateerd, dat het normaal gebruikte gedeelte (overeenkomende met BC in fig. 3) zeer goed aan de gestelde eischen voldoet: de uitgangs-gelijkspanning ligt bij een belasting met 3 A (de grootste normaal optredende) slechts ca 3 V lager dan bij $^1/_5$ van deze belasting.

Het uiteinde van de karakteristiek naar grootere stroomsterkten heeft een zeer merkwaardig verloop. Er treedt hier een afzonderlijke tak op, die een soortgelijke daling vertoont, als in fig. 3 was geschetst (CD). Deze tak is door een lus verbonden met het overige gedeelte van de karakteristiek, waarop het toestandspunt zich bij normale belasting

[4]) Het verloop van de uitgangsspanning kan nog iets beter bij de wenschen worden aangepast, wanneer men het punt U_2 iets beneden het verlengde van de verbindingslijn 0-U_1 zou leggen. Voor het verkrijgen van een dergelijk faseverschil tusschen U_1 en U_2 zou men echter een driefasennet ter beschikking moeten hebben.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

bevindt [5]). Bij nadere beschouwing blijken echter niet alle toestandspunten op deze lus stabiel te zijn. Komt het toestandspunt, langs de lijn *BC* verschuivend, naar *C*, waar de spanning 60 V is, dan springt het van hier naar *F* op de andere tak en loopt dan langs de lijn *FD*. In omgekeerde richting verschuivend loopt het echter van *D* over *F* door naar *G*, beantwoordende aan een spanning van 63 V, om van hier plotseling naar *B* op de eerste tak te springen.

Deze merkwaardige vorm van de karakteristiek is nu voor het in stand houden van de aangesloten batterij bijzonder gunstig. Immers elke keer, wanneer er een zoo lang aanhoudende hooge belasting optreedt, dat de batterijspanning beneden de voor het normale bedrijf gewenschte grens van 60 V zakt (dwz. dat het toestandspunt langs *BC* over *C* heen tracht te dalen), gaat de gelijkrichter op de tak *DFG* werken, en hij blijft hierop werken ook na het einde van de belastingspiek. Dit beteekent, dat de tot een lage spanning ontladen batterij, die tijdens de belastingspiek de gelijkrichterstroom tot de gewenschte hoogere waarde heeft moeten aanvullen, met de volle gelijkrichterstroom van 3 à 3,5 A weer wordt geladen, totdat haar spanning tot 63 V is gestegen (toestandspunt *G*). Dan eerst zakt de gelijkrichterstroom plotseling tot een lagere waarde (0,7 A, in punt *B*). Men is er dus zeker van, dat na een belastingspiek in de kortst mogelijke tijd weer de geheele reserve van de volgeladen batterij ter beschikking zal staan, en gemiddeld is de batterijspanning veel dichter bij het maximum van 63 V, dan met een karakteristiek volgens fig. 3 te bereiken zou zijn.

Het beschreven gedrag wordt goed geïllustreerd door de in *fig. 9* weergegeven registreerstrook, waarop de stroom is opgenomen, die door de Philips gelijkrichter gedurende enkele uren normaal bedrijf in een kleine zg. eindcentrale der Nederlandsche P.T.T. werd afgegeven. De sterke fluctuaties, waarbij de stroom niet boven ca 2 A stijgt, beteekenen, dat de gelijkrichter zijn stroomlevering voortdurend bij de belasting aanpast, waarbij het toestandspunt op het stuk tusschen *B* en *C* van de karakteristiek heen en weer schuift. In enkele belastingspieken echter ziet men de stroom tot 3 A stijgen; hier was de batterijspanning 60 V. De stroom wordt dan telkens een poosje op de hooge waarde gehandhaafd (de geringe variatie in deze afgeknotte hoogste pieken beteekent een verschuiving van het toestandspunt op de tak *DFG*), totdat de batterijspanning weer op 63 V is gebracht. Aan het eind van elk van deze pieken ziet men dan de stroom weer plotseling op een lage waarde vallen.

Bij variaties van de netspanning blijft de gelijkrichterspanning, zooals reeds werd vermeld, vrijwel onveranderd. Dit blijkt duidelijk uit *fig. 10*, waar voor drie waarden van de netspanning de gemeten karakteristiek is weergegeven. Merkwaardig is, dat de uitgangsspanning van de gelijkrichter voor lage netspanning zelfs iets hooger ligt dan voor hooge netspanning. Dit is inzooverre nog van voordeel, als de perioden van hooge belasting (overdag), waarin de batterijspanning aan de lage kant zou komen te liggen, in het algemeen juist samenvallen met de perioden van verlaagde netspanning.

[5]) Kwalitatief is het zonder meer te begrijpen, dat de schakeling zich in dit gebied (lage spanningen op *u*) geheel anders gedraagt: het ijzer van T_1 is hier niet meer verzadigd, de zelfinductie wordt daardoor zoo groot, dwz. de admittantie $-ju$ zoo klein, dat deze tak in het vervangingsschema fig. 5*a* geheel verwaarloosd kan worden. Men heeft dus eenvoudig een condensator en een weerstand, in serie aangesloten op de spanning $U_1 + U_2$; punt *P* in het vectordiagram beweegt derhalve in dit gebied op een halve cirkel, geconstrueerd op U_1 en U_2.

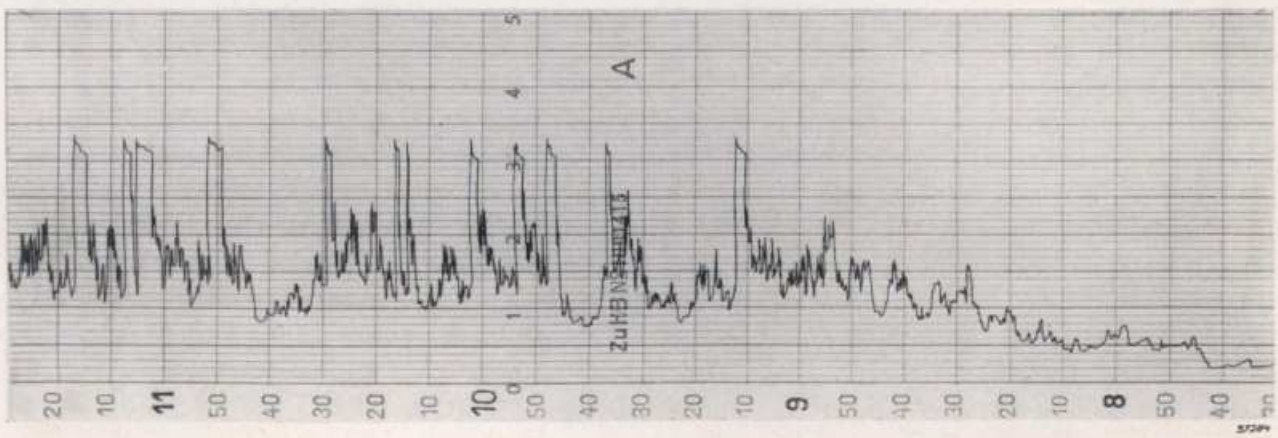

Fig. 9. Registrogram van de door de gelijkrichter afgegeven gelijkstroom, gedurende eenige uren van normaal bedrijf in een kleine zg. eindcentrale der Nederlandsche P.T.T. In de afgeknotte pieken van ca 3 A werkte de gelijkrichter op de steile tak van de karakteristiek (*DFG* in fig. 8).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

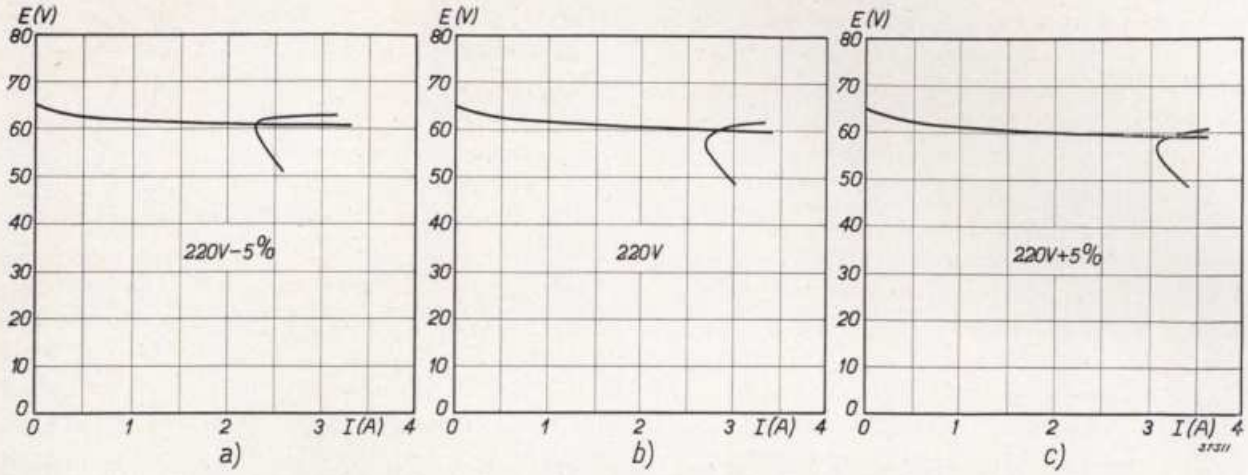

Fig. 10. Gemeten karakteristiek van de gelijkrichter bij 5% verlaagde (*a*), normale (*b*) en 5% verhoogde (*c*) netspanning.

Is de batterij na een langdurige storing van het net geheel ontladen en wil men haar zoo snel mogelijk weer op peil brengen, dan kan door een omschakeling (T_2 in fig. 4*a* wordt kortgesloten, C wordt vergroot) de gelijkrichter een grootere stroom, bijv. 4 A, leveren.

De „weekeind-spanning"

Bij de bovenstaande berekening en bespreking van de gelijkrichter-karakteristiek is nog niet gebleken, of en in hoeverre het beschreven toestel voldoet aan de wensch, dat bij zeer kleine stroomen de spanning moet oploopen, ongeveer als in het stuk AB van de kromme uit fig. 3.

Beschouwen we nu de schakeling, bestaande uit een gelijkrichter, een vereffeningssmoorspoel, een batterij en een belastingsweerstand (*fig. 11a*), wat nader, dan blijkt van nature een oploopen van de karakteristiek als bovenvermeld op te treden. Om dit in te zien denke men eerst de batterij weg. De gelijkrichter levert een gecommuteerde wisselspanning (fig. 11*b*), de smoorspoel echter, die als een soort „vliegwiel" werkt, houdt de stroom door de weerstand op een kleine rimpel na constant.

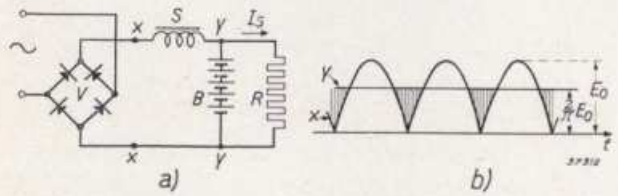

Fig. 11. *a*) Schakeling van gelijkrichtventielen V, smoorspoel S, batterij B en belastingsweerstand R.
b) Gecommuteerde wisselspanning (topwaarde E_0), die op de klemmen x-x in (*a*) staat. Op de klemmen y-y staat een vrijwel constante spanning, ter grootte van $(2/\pi) \cdot E_0$. Is de belastingsstroom I_s zeer klein, dan geeft de gelijkrichter niet meer gedurende de geheele periode van de wisselspanning stroom af, maar in hoofdzaak slechts op die tijdstippen, waar de gecommuteerde wisselspanning de tegen-EMK van de batterij overtreft.

Op de weerstand staat derhalve een bijna constante spanning, die gelijk is aan de gemiddelde waarde van de spanning fig. 11*b*. Wordt nu de batterij parallel op de weerstand aangesloten en is haar spanning juist gelijk aan de genoemde gemiddelde waarde, dan zal aan de toestand niets veranderen. Weliswaar is in het gearceerd aangegeven gedeelte van de kromme fig. 11*b* de tegen-EMK van de batterij grooter dan de door de gelijkrichter geleverde spanning; men zou dus kunnen denken, dat hier de ventielen in de sperrichting worden belast en dus geen stroom meer zouden doorlaten. In werkelijkheid echter levert de smoorspoel een spanning, die de momenteele gelijkrichterspanning tot het bedrag der tegen-EMK aanvult; anders uitgedrukt: de smoorspoel verhindert door haar vliegwielwerking de stroomonderbrekingen, die zouden kunnen optreden. De smoorspoel is hiertoe in staat, wanneer haar zelfinductie en de gemiddelde stroomsterkte groot genoeg zijn. Wordt deze laatste nu kleiner en kleiner gemaakt, dan zal de smoorspoel tenslotte de vereischte spanning niet meer tijdens de geheele gearceerde periode kunnen leveren, er treden stroomonderbrekingen op. Dit beteekent echter, dat de gelijkrichter een grooter aandeel van de totale stroom gaat leveren op tijdstippen, waarop zijn momenteele spanning h o o g e r is dan de tegen-EMK van de batterij, dwz. de batterij wordt geladen en het geheel stelt zich op een hoogere gemiddelde gelijkspanning in. In het extreme geval, dat de belasting nul is, zal het proces van het laden der batterij door de toppen der spanning van fig. 11*b* zich zoolang voortzetten, totdat de batterijspanning gelijk geworden is aan de topwaarde der gecommuteerde wisselspanning.

Dit is feitelijk reeds wat men wil hebben. Alleen begint het oploopen van de karakteristiek in het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

algemeen bij te groote stroomsterkten, daar de zelfinductie van de smoorspoel niet willekeurig groot gemaakt kan worden en daardoor reeds bij betrekkelijk groote stroomen niet meer toereikend is om stroomonderbrekingen geheel te onderdrukken. Om nu toch de gewenschte steilheid van de karakteristiek in dit gebied te verkrijgen, is met de vereffeningssmoorspoel nog een tweede smoorspoel in serie geschakeld, die een gesloten ijzerkern bezit. Bij de normale stroomsterkten is het ijzer verzadigd, de zelfinductie is daardoor klein en de smoorspoel kan als niet aanwezig worden beschouwd. Bij kleine stroomsterkten echter, waar men zich nog op de steil opstijgende tak van de magnetiseeringskromme van het ijzer bevindt, is de zelfinductie zeer groot, zoodat hier de smoorspoel de stroomonderbrekingen nog verhindert tot zeer kleine belastingen toe. In *fig. 12* is het effect hiervan te zien.

Blijft de belasting nu zeer lang nul of heel klein (stille periode van het weekeinde), dan klimt het toestandspunt langzaam op het steile linker uiteinde omhoog en de batterij wordt, zooals gewenscht werd, tot een spanning hooger dan 63 V geladen. Hoe hoog het hoogste bereikte punt zal liggen, hangt van de bedrijfsomstandigheden af, dwz. van het aantal en de verdeeling der gesprekken. Om nu te waarborgen, dat de batterijen in alle stations 's Maandagmorgens tot eenzelfde overspanning geladen zijn, wordt een regelbare weerstand (zg. basisbelasting) parallel met de batterij op de gelijkrichter aangesloten. Door op deze wijze een meer of minder groote ruststroom van de gelijkrichter af te nemen, wordt een meer of minder groot stuk aan de linkerzijde van de karakteristiek afgesneden (fig. 12). Doordat de karakteristiek hier zoo steil verloopt, kan de „weekeind-spanning", die zonder

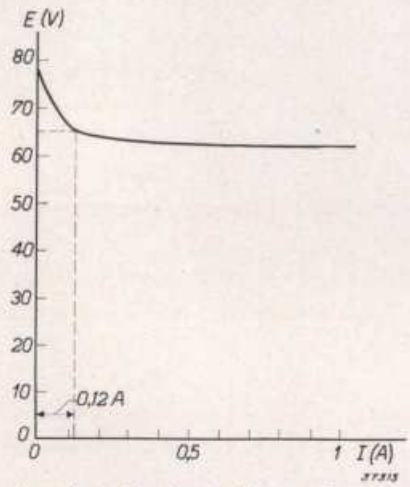

Fig. 12. Beginstuk der karakteristiek van de gelijkrichter met smoorspoelen. Door een kleine basisbelasting (ca 0,12 A) wordt van het linkereinde der karakteristiek een zoodanig stuk afgesneden, dat de gewenschte maximale spanning („weekeind-spanning") optreedt.

eenige belasting tot 75 V zou oploopen, met een basisbelasting van slechts eenige watt tot de gewenschte waarde van bijv. 66 V worden teruggebracht. In de foto *fig. 13* is de schroef, waarmee de basisbelasting, dus de weekeind-spanning kan worden ingesteld, boven in het midden te zien. Op deze foto ziet men ook de overige onderdeelen van de schakeling, zooals in het onderschrift is aangegeven.

Fig. 13. Foto van het geopende toestel. C condensator (zie fig. 4a), T_1 hoogverzadigde transformator, T_2 normale transformator, V seleenventielen, S smoorspoelen, A schroef voor het instellen der „weekeind-spanning".

Samenvattend kunnen we zeggen, dat de hier beschreven gelijkrichter door zijn onafhankelijkheid van netspanningsvariaties en door de vorm van zijn karakteristiek een goed functionneeren van de telefoonautomaat en een goede instandhouding van de batterij waarborgt. Overbelasting van de sperlaagventielen is dank zij het steile verloop van de karakteristiek bij groote stroomen onmogelijk gemaakt. Daardoor is ook de mogelijkheid geboden de gelijkrichter, bijv. bij een uitbreiding van de centrale, zonder meer parallel te schakelen aan een tweede gelijkrichter: dat de belasting zich daarbij in het algemeen tengevolge van onvermijdelijke kleine verschillen in de karakteristieken zeer ongelijk over de twee toestellen zal verdeelen, is wegens de onmogelijkheid van overbelasting geen bezwaar. Het rendement van het toestel bedraagt in normaal bedrijf ongeveer 65%. De arbeidsfactor is 0,57, echter met vóórijlende stroom, zoodat het toestel de arbeidsfactor van het net helpt verbeteren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

EEN APPARAAT VOOR HET TRANSMUTEEREN VAN ATOOMKERNEN

door F. A. HEIJN en A. BOUWERS. 539.172 : 621.319.52

Voor het transmuteeren van atoomkernen kan men ionen gebruiken, die door een hooge spanning worden versneld en waarmee men de om te zetten atomen bombardeert. Een hiervoor ontwikkelde apparatuur wordt beschreven, waarbij een versnellingsspanning van $1^1/_4$ millioen volt wordt gebruikt, terwijl de gebombardeerde stof zich op aardpotentiaal bevindt. De met dit apparaat verkrijgbare hoeveelheid neutronen komt ongeveer overeen met die, welke men zou kunnen produceeren met behulp van 5 kilogram radium. Aan het slot van het artikel worden verschillende wetenschappelijke en medische toepassingen van de installatie besproken.

In de laatste jaren vindt een zeer snelle ontwikkeling plaats van dat deel van de physica, dat handelt over de kernen der atomen. Voor het doen van onderzoekingen op dit gebied en voor de practische toepassingen, die hieruit reeds zijn gegroeid, is een der belangrijkste hulpmiddelen een apparatuur, waarmee men aan bepaalde deeltjes (ionen) een zeer groote snelheid kan geven om er dan andere deeltjes mee te bombardeeren. Twee apparaturen van deze soort — met het oog op de belangrijkste toepassing indertijd als „neutronengeneratoren" aangeduid — werden in dit tijdschrift reeds beschreven [1]). De versnellende spanningen bedroegen hierbij resp. 300 en 600 kV. Bij de 300 kV-neutronengenerator was de neutronenopbrengst, hoewel reeds betrekkelijk groot, toch voor vele (met name medische) toepassingen niet voldoende. De 600 kV-apparatuur had het nadeel, dat het gedeelte, waar de transmutaties plaats hebben, onder hoogspanning kwam; daardoor waren de toepassingsmogelijkheden beperkt. De neutronenopbrengst van de 600 kV-generator was reeds aanzienlijk grooter dan die van de 300 kV-generator, maar een verdere vergrooting bleef nog wenschelijk.

[1]) F. A. Heijn, Productie en toepassing van neutronen, Philips techn. T. **3**, 339, 1938.

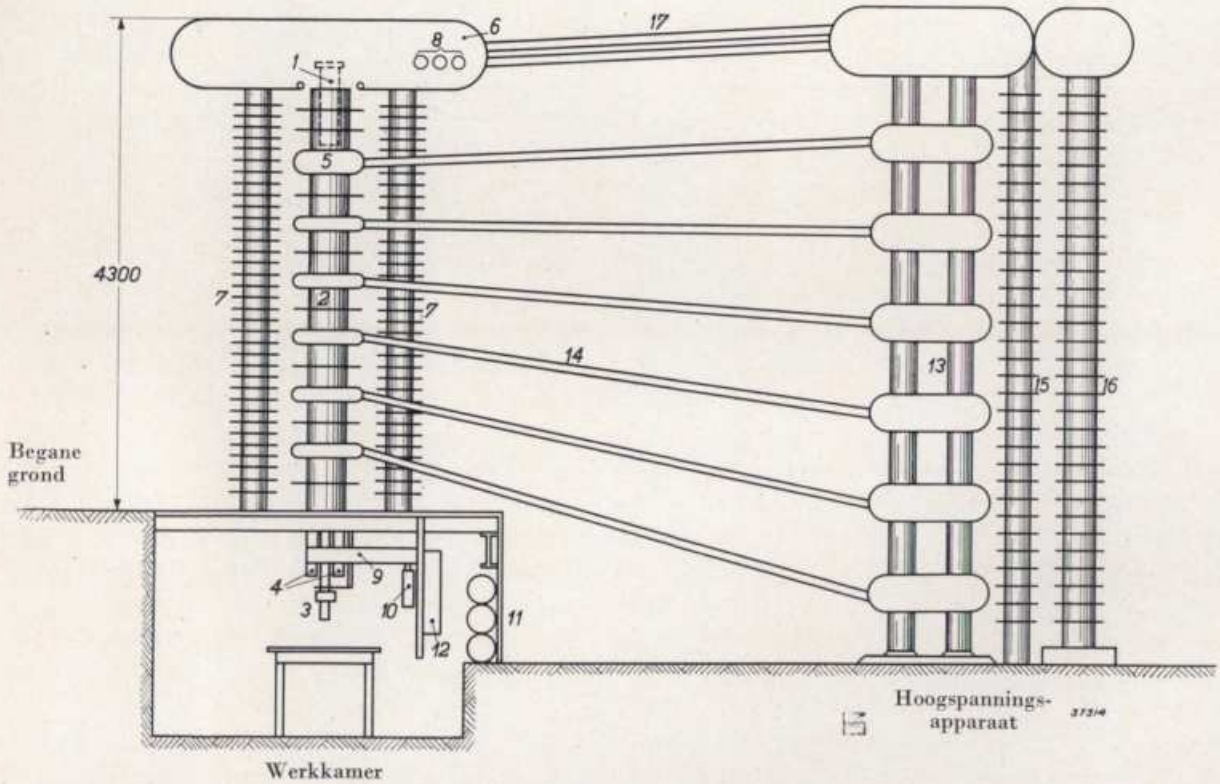

Fig. 1. Schema van de geheele apparatuur. *1* ionenbron, *2* versnellingsbuis, *3* opvanginrichting, *4* pompen, *5* flexibele verbinding van de bovenste versnellingssectie, *6* afschermkap, *7* steunzuilen van de kap, *8* manometer, stroom- en spanningsmeter voor de ionenbron, *9* verbindingsbuis tusschen de pompen *4* en de vóórpompen *10*, *11* buffervaten, *12* schakelbord voor de pompen, *13* hoogspanningsgenerator, *14* en *17* verbindingsweerstanden, *15* overbruggingscondensatoren voor de voeding van de ionenbron, *16* gekoelde meetweerstand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Er werd daarom overgegaan tot de bouw van een apparaat met een versnellende spanning van 1,25 millioen volt, waarbij de transmutatieruimte geaard is. Van dit apparaat, dat in het Philips-laboratorium is opgesteld, willen we in het onderstaande een beschrijving geven, gevolgd door eenige toepassingsvoorbeelden.

Het apparaat bestaat, evenals de vorige apparaten, in hoofdzaak uit twee gedeelten: een buis, waarin de ionen worden voortgebracht en door een hooge spanning worden versneld, en een installatie voor het opwekken van de noodige hooge spanningen. *Fig. 1* geeft een schema van de geheele opstelling. Omdat de beschikbare zaal niet voldoende hoog was voor de hoogspanningsgenerator (deze meet ca 5,80 m, terwijl de zoldering ter vermijding van overslag nog eenige meters boven de top van de generator moet liggen), werd de generator in een ongeveer 1,30 m diepe kuil geplaatst. De loodrecht opgestelde buis staat op het gewone vloerniveau; onder de buis is een kamer van 3×3 m^2 ter diepte van 2,50 m uitgegraven, waar men van terzijde met een trapje in kan komen. In deze kamer, waarin de onderzoeker zich, terwijl het apparaat in werking is, zonder gevaar kan ophouden, vinden de transmutaties plaats. Het betreden en verlaten van de kamer is natuurlijk alleen mogelijk, wanneer de hoogspanning niet is ingeschakeld. De schakellessenaar voor het bedienen van het apparaat staat geheel buiten de zaal. Degene, die de installatie bedient, is zoodoende beveiligd tegen röntgen- en andere stralingen, die op verschillende punten kunnen ontstaan, terwijl hij door eenige loodglazen ramen de zaal toch goed kan overzien; hij staat bovendien in telefonische verbinding met de onderzoeker in de transmutatiekamer.

De buis

In fig. 1 is de algemeene bouw van de buis te zien. Zij bevat bovenin een ionenbron (*1*), waarin op een potentiaal van 1,25 MV tegen aarde de voor het transmuteeren gebruikte ionen worden geproduceerd. De ionen „vallen" dan, versneld door het potentiaalverschil, door de versnellingsbuis *2* naar beneden. In het onderstuk van de buis, dat door de vloer in de werkkamer steekt, worden de ionen opgevangen op de stof, die we willen transmuteeren (bij *3*). In deze kamer is o.a. ook de pompinstallatie (*4*) ondergebracht, die voor een voldoend lage druk in de buis zorgt.

De ionenbron

Over de ionenbron kunnen we kort zijn, daar deze in hoofdzaak gelijk is aan die van de vroeger beschreven apparaten. *Fig. 2* geeft er een doorsnede van. Tusschen de verchroomd koperen anodecylinder *A* en de aluminium kathodecylinder *K*

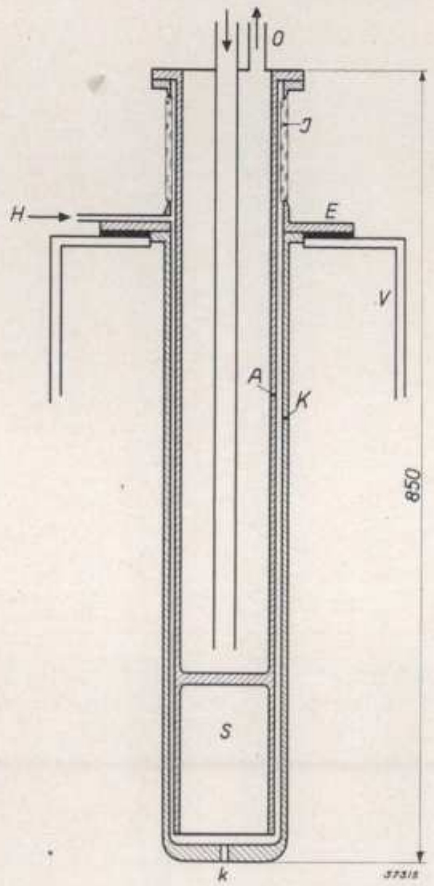

Fig. 2. Doorsnede van de ionenbron. *A* anode, *K* kathode, *S* ontladingsruimte, *k* kanaal, waardoor de ionen in de versnellingsbuis komen, *O* leidingen voor de oliekoeling, *H* toevoer van gas, *I* isoleerende glazen ring, die door middel van aangelaschte chroomijzeren flenzen is bevestigd aan *A* en *K*. Met de flens *E* wordt de ionenbron op de versnellingsbuis *V* bevestigd.

wordt een spanning van 50 kV gelegd. Het geheel is gevuld met het gas, welks ionen men voor het bombardeeren wil gebruiken. In de ruimte *S* vindt dan een ontlading plaats en de hierbij gevormde positieve gasionen kunnen door het in de kathode geboorde kanaal *k* naar buiten komen, in de versnellingsbuis. Door de bijzondere vorm van kathode en anode treedt bij niet te hooge druk (0,02 mm Hg) een concentratie van de ontlading op in de nabijheid van *k*, zoodat een groot percentage van de ionen voor het versnellen beschikbaar komt. De anode moet een vermogen van eenige kW dissipeeren; hiervoor is een oliekoeling aangebracht (leidingen *O*), waarover straks meer.

De ionenbron wordt, nadat zij geheel is gemonteerd, van boven in de versnellingsbuis gestoken, waarbij onder de flens *E* een rubberring wordt gelegd. Vastschroeven van de flens is overbodig,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

daar na het evacueeren de luchtdruk de onderdeelen stevig op elkaar drukt; de rubberring zorgt daarbij voor een vacuumdichte afsluiting.

De versnellingsbuis

Het versnellen van de ionen geschiedt in zeven stappen. De versnellingsbuis is hiertoe in zeven secties onderverdeeld (zie fig. 1), die elk $^1/_7$ van de totale spanning, dus ca 180 kV, toegevoerd krijgen. In elke sectie bevinden zich twee holle, buisvormige electroden (zie *A* en *B* in *fig. 3*): de ionen komen

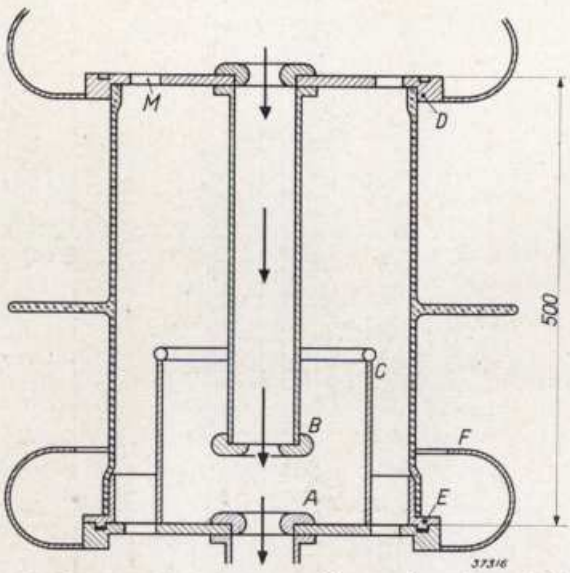

Fig. 3. Een van de zeven versnellingssecties. *A* en *B* holle electroden, waardoor zich de ionen bewegen en waartusschen zij met 180 kV worden versneld. *C* metalen cylinder, die de versnellingsruimte omgeeft, *D* en *E* metalen flenzen voor het op elkaar stapelen der „Philite"-cylinders, *F* schermkappen ter verbetering van het verloop van het electrische veld, *M* gaten in de dwarswanden, aangebracht ter vermindering van de stroomingsweerstand.

met een bepaalde constante snelheid door de eene holle electrode aanvliegen, worden in de ruimte tusschen de electroden met 180 kV versneld, doorloopen nu, weer met constante snelheid, de volgende buisvormige electrode, enz. Deze onderverdeeling van de spanning is noodzakelijk om te vermijden, dat op sommige plaatsen in de buis een te hooge veldsterkte en daardoor koude electronenemissie optreedt, terwijl bovendien de verdeeling der buis in secties het mogelijk maakt, de door vagebondeerende ionen en electronen af te leggen wegen overal zoodanig te beperken, dat deze geen kwaad kunnen stichten.

De secties bestaan uit cylinders van „Philite", die van luchtdicht aangebrachte metalen flenzen (*D* en *E*) zijn voorzien. Aan de flenzen worden de electroden bevestigd. De ruimte tusschen de twee electroden van elke sectie is nog omgeven door een metalen cylinder (*C*). Hierdoor wordt voorkomen, dat de „Philite" wand wordt getroffen door electronen, die uit de kathode van elke versnellingssectie door daarop vallende ionen vrij worden gemaakt.

De complete secties worden op elkaar gestapeld onder tusschenlegging van rubberringen voor de vacuumafdichting. Vastschroeven is wederom overbodig, daar de secties door de luchtdruk met een kracht van 750 kg op elkaar worden geperst. Aldus kan men buizen voor elke gewenschte versnellingsspanning opbouwen. Aangezien de hoogspanningsgenerator volgens een soortgelijk stapel-principe is gebouwd, heeft men de mogelijkheid om, met een kleine installatie beginnende, deze naderhand tot steeds hoogere spanningen uit te breiden.

De opeengezette flenzen van de secties worden door metalen kappen (*F*) omgeven om het veld gelijkmatiger te doen verloopen en corona-ontlading („sproeien") te voorkomen. Aan deze kappen zijn tevens de ongeveer 4 m lange weerstanden verbonden, via welke de spanningen aan de opeenvolgende secties worden toegevoerd. Op de overzichtsfoto *fig. 4* is een en ander duidelijk te zien.

De opvanginrichting

De onderaan de buis aangebrachte opvanginrichting is in *fig. 5* weergegeven. Na het doorloopen van de laatste versnellingssectie gaan de ionen door de pijp *G*, passeeren de vacuumkraan *K* en het glazen tusschenstuk *H* (dit en de isolatiering *I* in de ionenbron, zie fig. 2, is het eenige glas, dat in de geheele buis voorkomt!) en komen tenslotte in het pijpje *T*, waarin zich onderin het eigenlijke vangschijfje bevindt. Dit bestaat uit de stof, die we wenschen te transmuteeren. In totaal leggen de ionen van het kanaal *k* in de ionenbron tot aan het vangschijfje een weg van ongeveer 4 m af. Daar zij hierbij een groot aantal nauwe pijpen, nl. de opeenvolgende holle electroden, moeten doorloopen, moet gezorgd worden, dat de bundel ionen nauwkeurig in de richting van de as van de buis loopt. De mogelijkheid voor deze justeering is verkregen door de verbinding tusschen de eerste en tweede versnellingssectie flexibel te maken (5 in fig. 1). Door een eenvoudig bewegingsmechanisme, aangedreven van de ondergrondsche werkkamer uit door middel van een isoleerende as, kan de bovenste sectie met de ionenbron tijdens het bedrijf zuiver worden gericht. De justeering kan worden gecontroleerd, doordat men de ionenbundel op zijn weg door het glazen tusschenstuk *H* kan gadeslaan. Ondanks het hooge vacuum wordt de bundel door zijn zeer groote intensiteit hier als lichtende streep zichtbaar. Om de ligging en de doorsnede van de bundel nog nauwkeuriger te kunnen controleeren, is in het tusschenstuk *H* een kwartsplaatje aange-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

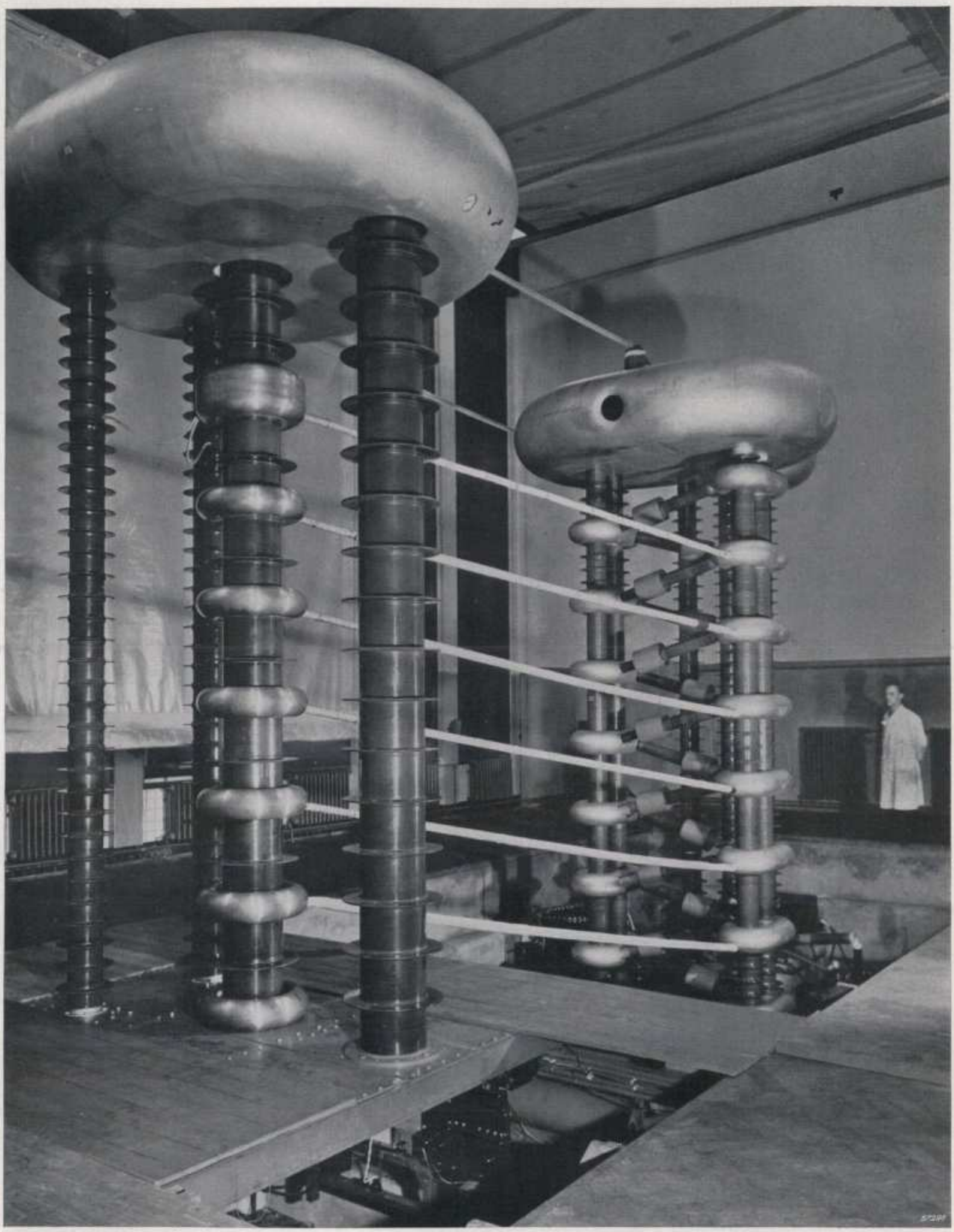

Fig. 4. Overzicht van de opstelling. Op de voorgrond de 4 m lange versnellingsbuis, met drie „Philite"-steunzuilen voor de afschermkap, en daaronder de door de opening toegankelijke werkkamer, waarin de transmutaties plaats vinden. Op de achtergrond de hoogspanningsgenerator, waarvan de opeenvolgende trappen door ongeveer 4 m lange weerstanden verbonden zijn met de correspondeerende secties van de versnellingsbuis.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

bracht, dat door middel van een slijpstuk een oogenblik in de bundel kan worden gedraaid. Op de getroffen plaats wordt het kwarts onmiddellijk witgloeiend en wijst daarmee de ligging van de bundel aan.

Met het oog op de aanzienlijke warmte-ontwikkeling door het ionenbombardement moet het vangschijfje V door een flinke stroom water worden gekoeld. Hetzelfde geldt voor de kraan K en andere deelen van de opvanginrichting, die door gestrooide en gereflecteerde ionen kunnen worden getroffen en hierdoor te heet zouden worden (zie de koelspiralen L). Is de gebombardeerde plek van het vangschijfje door inbranden of verstuiven onbruikbaar geworden, dan kan de geheele opvanginrichting, dank zij een flexibele verbinding (I) met de versnellingsbuis, een weinig worden verschoven, zoodat de ionen een andere plek treffen. Voor het verwisselen van het vangschijfje, wanneer men bijv. tot een andere te transmuteeren stof wil overgaan, kan de versnellingsbuis met de kraan K worden afgesloten, zoodat hierin geen lucht komt, wanneer men de opvanginrichting opent.

Fig. 6 toont een foto van de werkkamer, waarop de verschillende onderdeelen van de opvanginrichting zijn te zien.

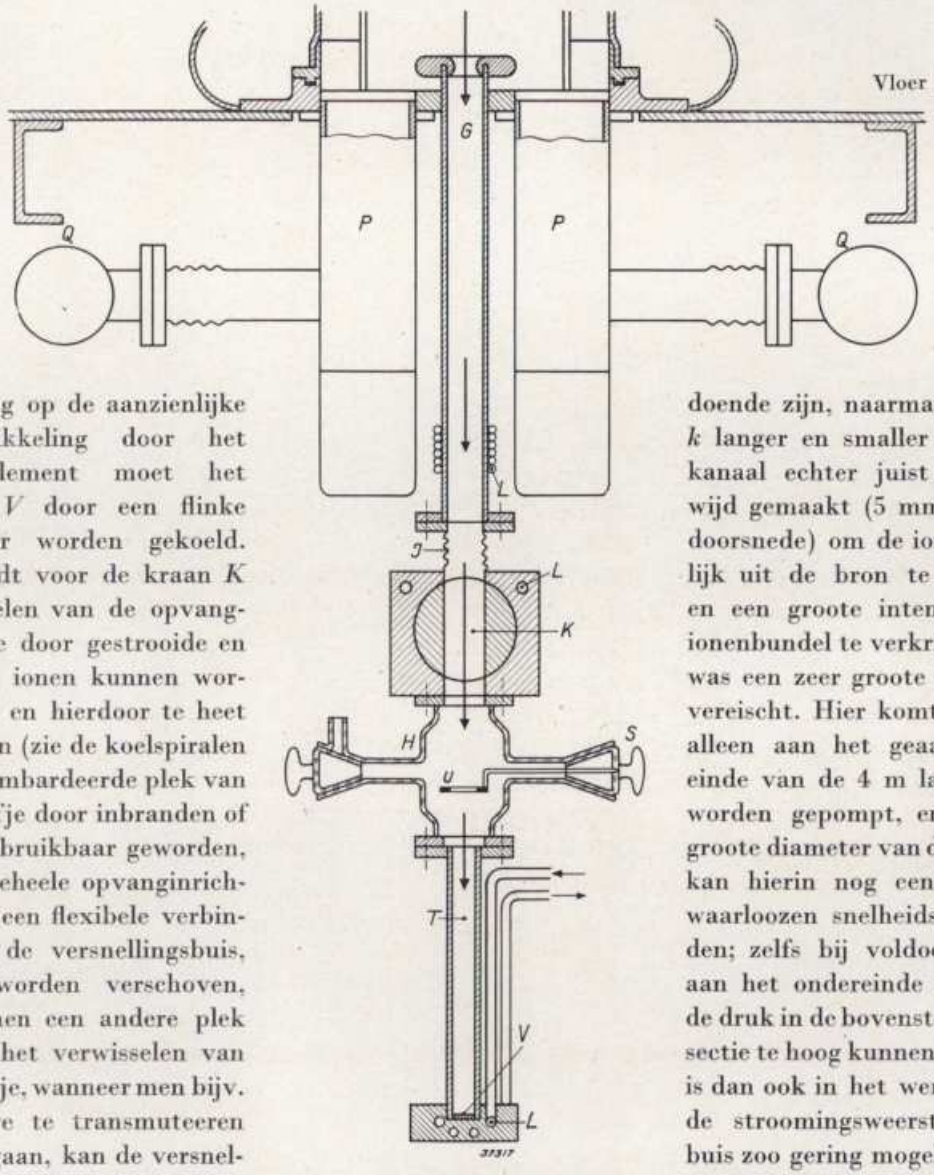

Fig. 5. De opvanginrichting. G laatste, op aardpotentiaal staande electrodepijp, waardoorheen de versnelde ionen komen, I flexibele verbinding, K kraan, H glazen tusschenstuk, S slijpstuk, waarmee het kwartsplaatje U in en uit de ionenbundel gedraaid kan worden, V vangschijfje, L koelspiralen, P pompen, Q leidingen naar de vóórpompen.

De pompinstallatie

De ionenbron werkt alleen goed bij niet te lage druk (we noemden reeds een druk van 0,02 mm Hg), terwijl in de versnellingsbuis de druk zoo laag mogelijk moet zijn, liefst kleiner dan 10^{-4} mm Hg. Het drukverschil tusschen de beide ruimten, die door het kanaal k in de kathode der ionenbron (fig. 2) in verbinding staan, kan men door krachtig pompen aan de versnellingsbuis in stand houden; daarbij zal een des te kleinere pompsnelheid voldoende zijn, naarmate het kanaal k langer en smaller is. Nu is dit kanaal echter juist vrij kort en wijd gemaakt (5 mm lang, 3 mm doorsnede) om de ionen gemakkelijk uit de bron te doen treden en een groote intensiteit van de ionenbundel te verkrijgen. Daarom was een zeer groote pompsnelheid vereischt. Hier komt nog bij, dat alleen aan het geaarde onderste einde van de 4 m lange buis kan worden gepompt, en ondanks de groote diameter van de buis (30 cm) kan hierin nog een niet te verwaarloozen snelheidsverlies optreden; zelfs bij voldoende vacuum aan het ondereinde zou daardoor de druk in de bovenste versnellingssectie te hoog kunnen worden. Alles is dan ook in het werk gesteld om de stroomingsweerstand van de buis zoo gering mogelijk te maken; bijv. zijn de horizontale afscheidingen tusschen de secties van vele gaten voorzien (M in fig. 3). Er bleek tenslotte een pompsnelheid van ongeveer 100 l/sec onderin de buis noodig te zijn. Deze zeer groote snelheid is verkregen door vier oliediffusiepompen parallel te zetten, die tezamen zelfs 140 l/sec pompen (bij 10^{-4} mm Hg). Een speciale constructie maakte het mogelijk de vier pompen rechtstreeks aan de bodem van de buis aan te sluiten (zie fig. 5 en 6), waardoor het snelheidsverlies, dat elke vacuumleiding onvermijdelijk zou veroorzaken, is vermeden. De pompen hebben een vóórvacuum van 10^{-3} mm Hg

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

noodig, dat voor telkens twee hoogvacuumpompen tezamen wordt verkregen door één oliediffusiepompje van kleinere afmetingen. Deze twee vóórpompen hebben op hun beurt een vóórvacuum (ca 0,2 mm Hg) noodig, dat geleverd wordt door één roteerende pomp van normale uitvoering. De leidingen (*Q* in fig. 5) tusschen hoogvacuum- en vóórvacuumpompen moeten een groote diameter hebben (10 cm) om ook hier snelheidsverliezen te vermijden. Verder zijn tusschen de verschillende pompen buffervaten aangebracht om een stabieler bedrijf te waarborgen.

Fig. 6. De werkkamer, waarin de transmutaties plaats vinden. Men ziet het glazen tusschenstuk in de opvanginrichting en daaronder het pijpje, waarin aan het uiteinde het vangschijfje van de te transmuteeren stof wordt geplaatst. Boven ziet men de vier rondom de buis gegroepeerde oliediffusiepompen. Op de tafel staat een tel-apparatuur, waarmee bijv. de intensiteit van de verkregen neutronenstraling kan worden bepaald.

Het vacuum wordt door middel van een Philips vacuummeter [2]) van de schakeltafel af voortdurend gecontroleerd, terwijl bovendien een beveiligingssysteem er voor zorgt, dat storingen in het pompenstel onmiddellijk door lampjes op de schakeltafel worden aangegeven. Dit is hier van groot belang, daar een achteruitgang van het vacuum een doorslag in de buis tot gevolg kan hebben, die bij de gebruikte hooge spanning groote schade kan veroorzaken.

Andere details

Boven de buis is een breede metalen afschermkap aangebracht, die door drie zuilen van „Philite" wordt gedragen (op fig. 4 goed te zien) en die verschillende functies heeft. In de eerste plaats dient zij om te zorgen, dat het electrische veld langs de buis niet vervormd wordt onder de invloed van de zoldering enz. Ook wordt door de groote kromtestralen van de kap (de kleinste optredende kromtestraal is 30 cm) en door gladde afwerking van het oppervlak het optreden van corona-ontlading voorkomen. Voorts zijn in de kap verschillende hulpapparaten ondergebracht, nl. ballons met gasvoorraden voor de ionenbron, een 50 kV-gelijkrichter voor het voeden van de ionenbron en deelen van de koelinrichting van de ionenbron. Wat het gas betreft, meestal wordt gewerkt met ionen van waterstof of van deuterium (zg. zware waterstof). Het benoodigde gas stroomt van de desbetreffende ballon via een regelventiel de ionenbron binnen. Naarmate de druk in de voorraadballon daalt, moet het ventiel verder worden geopend om de vereischte druk in de ionenbron te handhaven. Aangezien dit bijregelen plaats moet kunnen vinden, terwijl het apparaat onder hoogspanning staat, is voor het draaien van het ventiel een as van pertinax in één der drie genoemde „Philite"-zuilen gemonteerd. Deze as wordt door een beneden opgesteld motortje aangedreven, dat van de schakeltafel af wordt bediend. Van hieruit kan ook de manometer worden afgelezen, die in een uitsparing in de afschermkap is aangebracht (zie fig. 1 en 4) en die de druk in de voorraadballon aangeeft. In twee andere uitsparingen van de kap ziet men een stroom- en een spanningsmeter van de gelijkrichter voor de ionenbron.

Het koelen van de anode van de ionenbron geschiedt wegens de vereischte isolatie met olie, die via pertinax-pijpen door de tweede en derde „Philite"-zuil en via een in de kap ondergebrachte vergaarbak wordt toe- en afgevoerd. Twee aftakkingen voeren de olie ook naar de flens *E* van de bron (zie fig. 2) en naar de flexibele verbinding in de buis (5 in fig. 1). De olie zelf wordt na haar terugkeer op aardpotentiaal gekoeld door een spiraal met watercirculatie.

Opmerkelijk is nog, dat de versnellingsbuis, afgezien van de electrische verbinding en van de koelpijpen, die beide flexibel zijn, geheel los staat van de afschermkap. Dit was noodzakelijk, omdat, zooals we zagen, de bovenste versnellingssectie gericht moet kunnen worden. Niettegenstaande het kleine grondvlak, waarop de 4 m lange buis op deze wijze rust, staat zij dank zij de luchtdruk voldoende stevig. Een mechanische verbinding met de kap zou trouwens met het oog op een gemakke-

[2]) F. M. Penning, Manometers voor lage gasdrukken, Philips techn. T. **2**, 201, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

lijke montage van de buis niet eens wenschelijk zijn geweest en bovendien bij trillingen van de zware afschermkap kans op het ontstaan van scheuren in de buiswand hebben meegebracht.

De hoogspanningsinstallatie

De voor het versnellen van de ionen gebruikte gelijkspanning van $1^1/_4$ millioen volt wordt verkregen met een cascadegenerator, zooals reeds eerder in dit tijdschrift werd beschreven [3]). Deze is in ons geval opgebouwd uit zeven trappen, die men op fig. 1 en 4 kan zien en waarvan de spanningen correspondeeren met de waarden, die voor de zeven secties van de versnellingsbuis noodig zijn. De zeven generatortrappen worden via de reeds vermelde weerstanden met de verschillende secties verbonden; men heeft op deze wijze geen potentiometer voor 1,25 MV noodig om de spanning gelijkmatig over de versnellingsbuis te verdeelen.

Een probleem op zichzelf is de wisselstroomvoeding van de, zich op een potentiaal van 1,25 MV tegen aarde bevindende, 50 kV-gelijkrichter voor de ionenbron. Dit probleem is hier op dezelfde wijze opgelost, als in het aangehaalde artikel [1]) werd beschreven: de wisselspanning wordt toegevoerd via twee condensatoren(*15* in fig. 1) en twee weerstanden (*17*). Deze condensatoren, voor een gelijkspanning van 1,25 MV, mogen wel als een unicum worden beschouwd! Om hierbij met redelijke afmetingen te kunnen volstaan, wordt voor de voeding een wisselspanning van 500 per/sec in plaats van de gebruikelijke 50 per/sec gebruikt; daardoor is een capaciteit van 3000 cm voldoende.

De bronspanning kan bij dit systeem gemakkelijk op de schakeltafel worden geregeld, evenals de versnellingsspanning. Deze laatste wordt gemeten met een mA-meter in serie met een door olie gekoelde weerstand (*16* in fig. 1). De mA-meter is rechtstreeks in kV geijkt.

Op de overzichtsfoto fig. 4 ziet men nog boven en achter het apparaat een papieren scherm. Dit laadt zich tot ongeveer de halve spanning (600 kV) op. Daardoor wordt de veldsterkte aan kappen en weerstanden beperkt, zoodat men minder kans op sproeien en overslagen krijgt.

Resultaten en toepassingsvoorbeelden

Het apparaat wordt wel het meest gebruikt voor het produceeren van neutronen [4]). Het opvangplaatje maakt men daartoe van lithium en men bombardeert dit met deuteriumionen, waardoor de lithiumatomen omgezet worden in twee heliumatomen en een neutron, volgens de reactievergelijking:

$$\mathrm{Li} + \mathrm{d} \rightarrow 2\mathrm{He} + \mathrm{n}.$$

Het aantal neutronen, dat men op deze wijze met onze installatie kan produceeren, bedraagt ongeveer 10^{11} per seconde. Men is gewoon deze opbrengst te vergelijken met die, welke verkregen wordt bij het bombardeeren van beryllium door de α-deeltjes van radium. Hierbij vindt de volgende omzetting plaats:

$$\mathrm{Be} + \alpha \rightarrow \mathrm{C} + \mathrm{n},$$

en wel levert 1 mg radium op deze wijze ca 20 000 neutronen per seconde. Om evenveel neutronen te krijgen als met het beschreven apparaat zou men dus ongeveer 5 kilogram radium noodig hebben! Dit is veel meer, dan op de geheele wereld aan (gezuiverd) radium aanwezig is. Ter vergelijking zij nog vermeld, dat de vroeger beschreven 300 en 600 kV-installaties in dit opzicht aequivalent waren met ca 20 resp. 300 gram radium.

De neutronen hebben op weefsels een analoge uitwerking als röntgenstralen en kunnen derhalve evenals deze voor therapeutische doeleinden (o.a. kankerbestrijding) en voor allerlei biologische proeven (bijv. het veroorzaken van mutaties) worden toegepast. Op dit gebied zijn reeds belangrijke resultaten verkregen. Meestal echter worden de neutronen gebruikt voor het maken van kunstmatig radioactieve stoffen. De meeste elementen kan men door bestraling met neutronen omzetten in radioactieve producten. Deze zijn niet alleen wetenschappelijk van belang, maar hebben ook een groote practische beteekenis gekregen, wederom vooral voor de geneeskunde. Voor dit doel wordt in de laatste tijd met het beschreven apparaat veel radioactieve fosfor gemaakt. Daarbij gaat men als volgt te werk: om het vangschijfje heen (dat daartoe in een lange nauwe pijp is ondergebracht, *T* in fig. 5) wordt een vat met zwavelkoolstof geplaatst, terwijl tusschen het vangschijfje en de wand van het vat een spanning van eenige duizenden volt wordt gelegd. De op het vangschijfje geproduceerde en naar alle richtingen uit de buis tredende neutronen transmuteeren de zwavelatomen volgens de vergelijking:

$$\mathrm{S} + \mathrm{n} \rightarrow \mathrm{P} + \mathrm{H},$$

waarbij de ontstane fosforatomen radioactief zijn met een halfwaarde-tijd (d.i. de tijd, waarin de radioactieve werking tot op de helft is gedaald)

[3]) A. Kuntke, Een generator voor zeer hooge gelijkspanning, Philips techn. T. **2**, 161, 1937.

[4]) Over neutronen in het algemeen zie bijv. het onder [1]) aangehaalde artikel en verder W. de Groot, Kernphysica, Philips techn. T. **2**, 97, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

van 14 dagen. Bovendien worden deze fosforatomen bij hun ontstaan geïoniseerd en derhalve door het electrische veld in de zwavelkoolstof naar de wand getrokken. Hier wordt de fosfor door een scheikundige behandeling in de vorm van fosfaten afgescheiden, waarna hij naar de verschillende medische en andere instituten kan worden verzonden. Op deze wijze worden een aantal instituten in Holland, maar ook in België, Denemarken en Italië, door ons van radioactieve fosfor voorzien. De verkregen praeparaten worden o.a. reeds met goede resultaten voor de behandeling van leukaemiepatienten gebruikt. De radioactieve fosfor gedraagt zich nl. chemisch geheel als gewone fosfor en gaat evenals deze, wanneer hij bij den patient onderhuids wordt ingespoten, voornamelijk naar het beendermerg, d.i. de ziektehaard bij leukaemie [5]).

Door hun eigenschap om zich chemisch geheel te gedragen als de overeenkomstige niet-radioactieve elementen zijn de geactiveerde stoffen ook zeer geschikt als indicatoren bij chemische en biologische onderzoekingen. Men heeft dan als het ware een aantal „gemerkte" (nl. door hun radioactiviteit aantoonbare) atomen, waarvan men de lotgevallen te midden van groote hoeveelheden van hetzelfde element of van verbindingen daarvan kan blijven volgen. Plaatst men bijv. het uiteinde van een afgesneden tak van een of andere plant in een fosfaatoplossing, waarin zich ook een spoortje radioactieve fosfor bevindt, dan kan men enkele uren later de uitwisseling van fosfor tusschen de plant en de oplossing constateeren door het feit, dat de bladeren aan de tak radioactief geworden zijn! Deze methode is ook geschikt voor kwantitatieve onderzoekingen, zooals uit talrijke publicaties blijkt [6]).

[5]) Er zij hier nog opgemerkt, dat de betrekkelijk korte halfwaarde-tijd van de kunstmatig radioactieve stoffen essentieel is voor de beschreven medische toepassing. Bij inspuiting van radiumpraeparaten bijv., waarvan wegens de zeer lange halfwaarde-tijd (bij radium 1550 jaren) de activiteit practisch niet afneemt, zou de patient aan een permanente bestraling blootstaan, die op den duur ook de gezonde weefsels zou vernielen.

[6]) Zie bijv.: A. H. W. Aten, Isotopes and the formation of milk and eggs, Diss. Utrecht 1939.

Behalve al deze toepassingen, waarbij de met het apparaat uitgevoerde transmutaties slechts als middel tot het doel interesseeren, geeft het apparaat ook gelegenheid voor vruchtbare onderzoekingen omtrent de transmutaties zelf. Zoo kan men lithium met gewone waterstof (in plaats van zware waterstof) bombardeeren, waarbij röntgenstralen van een enorme hardheid worden opgewekt. Om deze stralen op de normale wijze met een röntgenbuis te verkrijgen, zou men een röntgenbuis voor 17 millioen volt moeten hebben (die natuurlijk niet bestaat), terwijl voor de hardste γ-stralen van radium „reeds" 2,5 millioen volt voldoende zou zijn. Dergelijke harde stralen hebben zeer merkwaardige eigenschappen; zij worden bijv. in de materie niet, zooals normale röntgen- en γ-stralen, door energieafgifte aan electronen en atomen geabsorbeerd, maar door zg. materialisatie, waarbij elk quantum van de straling overgaat in een positief en een negatief electron.

Een zeer merkwaardige transmutatie, die met het apparaat werd onderzocht [7]), is de splitsing van uraan en thorium. Deze elementen vallen onder neutronenbombardement uiteen, waarbij geweldige hoeveelheden energie vrijkomen (overeenkomende met de energie, die een electron na het doorloopen van een potentiaalverschil van 100 millioen volt zou hebben). De brokstukken, die hierbij ontstaan, konden dank zij de groote concentratie, waarin zij met onze apparatuur werden gewonnen, na het bombardement worden afgescheiden en onderzocht: het bleken o.a. de edelgassen xenon en krypton te zijn, en wel in een radioactieve vorm. Door verdere splitsing ontstaat hieruit o.a. caesium, rubidium en barium.

Weliswaar zijn de verkregen hoeveelheden van de getransmuteerde stoffen van het standpunt van den scheikundige nog uiterst klein en slechts in uitzonderingsgevallen met de weegschaal aantoonbaar. Toch kan men zeggen, dat, althans in principe, de droom der alchimisten in vervulling is gegaan.

[7]) A. H. W. Aten, C. J. Bakker en F. A. Heijn, Nature, London, **143**, 516 en 679, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

EEN GELIJKSTROOMVOEDINGSAPPARAAT MET GESTABILISEERDE SPANNING

door H. J. LINDENHOVIUS en H. RINIA. 621.396.682 : 621.316.722

Door middel van versterkerbuizen is het mogelijk de uitgangsspanning van een plaatspanningsapparaat zeer effectief te stabiliseeren, zoodat deze zoowel door variaties van de netspanning als van de afgenomen stroom nauwelijks wordt beïnvloed. Een door Philips ontwikkeld gelijkstroomvoedingsapparaat met gestabiliseerde spanning (GM 4560) wordt beschreven. De uitgangsspanning van dit apparaat is regelbaar tusschen 150 en 300 V; de afgenomen stroom mag 100 mA bedragen. De uitgangsspanning varieert bij de voorkomende netspanningsfluctuaties minder dan 0,004% van de ingestelde waarde. De inwendige weerstand is onder de meeste omstandigheden kleiner dan 1 ohm en onder alle omstandigheden kleiner dan 4 ohm.

Voor talrijke doeleinden in fabriek en laboratorium heeft men een gelijkstroombron noodig met een constante klemspanning, die onafhankelijk is van de stroom, die van de bron wordt afgenomen. Een voorbeeld van een stroombron, die in staat is om deze eischen te vervullen, vormt de accubatterij, welke dan ook in vele gevallen met succes als bron van constante spanning wordt toegepast. In de laatste tijd valt echter meer en meer een streven waar te nemen om de accubatterijen te vervangen door de veel lichtere en veel minder onderhoud vereischende plaatspanningsapparaten. Met name is dit het geval, wanneer de stroombron een spanning van enkele honderden volt moet bezitten en daarbij slechts een betrekkelijk kleine stroomsterkte behoeft te leveren. Wil men nl. een dergelijke stroombron met behulp van een accubatterij verwezenlijken, dan moet men een groot aantal cellen in serie schakelen, waardoor men ook zelfs bij gebruik van vrij kleine cellen toch een vrij groot en zwaar geheel verkrijgt, terwijl bovendien een dergelijke batterij een betrekkelijk groote inwendige weerstand bezit en daardoor aan de gestelde eisch, dat de spanning onafhankelijk is van de afgenomen stroomsterkte, slechts matig voldoet.

Gebruikt men in plaats van de accubatterij het bekende plaatspanningsapparaat, bestaande uit transformator, gelijkrichter en een filter om de rimpel van de gelijkgerichte wisselspanning te vereffenen, dan bereikt men evenmin het gestelde doel. Niet alleen heeft dit apparaat een aanmerkelijke inwendige weerstand, zoodat de uitgangsspanning vrij sterk afhankelijk is van de afgenomen stroom, maar bovendien fluctueert de uitgangsspanning in dezelfde verhouding als de spanning van het net, waarop het toestel is aangesloten. Netspanningsfluctuaties van 5% zijn geenszins als ongewoon te beschouwen, zoodat van een constante uitgangsspanning geen sprake kan zijn.

Aan dit bezwaar kan tegemoet worden gekomen door tusschen de uitgangsklemmen van het plaatspanningsapparaat een of meer neon-stabilisatiebuizen te schakelen. De klemspanning is dan inderdaad veel minder sterk afhankelijk van de netspanning; de inwendige weerstand, die in dit geval practisch gelijk is aan de differentiaalweerstand van de stabilisatiebuizen, bedraagt echter nog steeds eenige tientallen tot eenige honderden ohm.

In dit artikel willen we verschillende automatisch werkende regelinrichtingen bespreken, welke het mogelijk maken de uitgangsspanning van een plaatspanningsapparaat binnen zeer nauwe grenzen constant te houden. Het zal blijken, dat het met betrekkelijk eenvoudige hulpmiddelen mogelijk is, zoowel de spanningsvariaties, welke afkomstig zijn van veranderingen van de afgenomen stroom, als de spanningsvariaties, veroorzaakt door fluctuaties van de netspanning, geheel op te heffen. Een uitgevoerd gelijkstroomvoedingsapparaat met gestabiliseerde spanning zal worden beschreven, dat, afgezien van de volmaakte constantheid van de spanning, nog het voordeel boven de accubatterij bezit, dat zijn spanning continu kan worden ingesteld.

Het regel-principe

In principe kunnen we een constante spanning krijgen door in serie met een normaal voedingsapparaat, bijv. een niet geregeld plaatspanningsapparaat, een weerstand op te nemen, die automatisch grooter wordt, wanneer de uitgangsspanning door een netspanningsverhooging of stroomvermindering de neiging heeft toe te nemen. Bij een tegengestelde neiging dient de weerstand kleiner te worden. Dit nu kan worden verkregen door als weerstand een triode te nemen, waarvan de stuurroosterspanning op een geschikte wijze afhankelijk wordt gemaakt van het verschil tusschen de uitgangsspanning V_u en een constante vergelijknigsspanning V_b. Deze vergelijkingsspanning kanb ijv.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

met behulp van een droge batterij worden verkregen. Richt men de schakeling zoodanig in, dat de bron voor de vergelijkingsspanning geen stroom behoeft te leveren, dan biedt het constant houden van deze spanning geen moeilijkheden.

Een eenvoudig voorbeeld van een dergelijke regelschakeling is in *fig. 1* aangegeven. Op de linker klemmen is een normaal plaatspanningsapparaat aangesloten, van de rechter klemmen wordt de spanning afgenomen. Het rooster van de triode ligt aan de positieve pool van een droge batterij, waarvan de negatieve pool aan de negatieve uitgangsklem ligt.

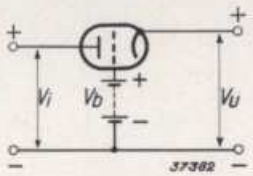

Fig. 1. Principeschakeling voor het stabiliseeren van een spanning. Stijgt de ingangsspanning V_i, terwijl we de afgegeven stroom ongewijzigd laten, dan stijgt de uitgangsspanning V_u slechts weinig, daar de als gevolg hiervan optredende toename van de negatieve roosterspanning slechts klein behoeft te zijn om de invloed te compenseeren van de plaatspanningsverhooging, die een gevolg is van de ingangsspanningstoename. Stijgt de afgegeven stroom i, terwijl we de ingangsspanning ongewijzigd laten, dan daalt de uitgangsspanning slechts weinig, daar de als gevolg hiervan optredende afname van de negatieve roosterspanning slechts klein behoeft te zijn om de stroom i met het gewenschte bedrag te vergrooten.

De uitgangsspanning V_u zal zich instellen op een waarde iets hooger dan die van de batterij en wel zoodanig, dat het rooster van de triode ten opzichte van de kathode juist de negatieve spanning bezit, die noodig is om de uitwendig te leveren stroom i door te laten. Verhoogen we nu de ingangsspanning V_i en daarmede dus de plaatspanning van de triode, terwijl we de afgegeven stroom ongewijzigd laten, dan zal ook de spanning V_u een weinig stijgen en wel zooveel, dat de toename van de negatieve roosterspanning, die als gevolg daarvan optreedt, juist het effect van de plaatspanningsverhooging op de triodestroom compenseert. Daar een geringe roosterspanningsverandering in staat is de invloed van een groote plaatspanningsverandering ongedaan te maken, is de veroorzaakte uitgangsspanningsvariatie slechts een fractie van de ingangsspanningsvariatie. We zullen in het vervolg de verhouding

$$\left(\frac{\Delta V_u}{\Delta V_i}\right)_{\Delta i = 0}$$

de verzwakkingsfactor α noemen.

Vergrooten we de afgegeven stroom, terwijl we de ingangsspanning ongewijzigd laten, dan zal de uitgangsspanning iets dalen; dientengevolge wordt de roosterspanning van de triode iets minder negatief en wel juist zooveel als noodig is om de triodestroom het gewenschte bedrag te vergrooten. De verhouding

$$\left(-\frac{\Delta V_u}{\Delta i}\right)_{\Delta V_i = 0}$$

noemen we, zooals gebruikelijk, de inwendige weerstand R_i van de regelschakeling.

We willen nu α en R_i kwantitatief bepalen en gaan daartoe uit van de bekende betrekking

$$\Delta i = S\,\Delta V_g + \frac{S}{\mu}\Delta V_a, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

die het verband weergeeft tusschen variaties in de roosterspanning V_g, de plaatspanning V_a en de plaatstroom i, en waarin S de steilheid en μ de versterkingsfactor is. Voor ons geval is i tevens de afgegeven stroom en geldt verder

$$\Delta V_g = -\Delta V_u, \quad \Delta V_a = \Delta V_i - \Delta V_u, \text{ zoodat}$$

$$\Delta i = -S\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\Delta V_u + \frac{S}{\mu}\Delta V_i \; . \; . \; . \quad (1a)$$

Hieruit leiden we gemakkelijk af:

$$\alpha = \left(\frac{\Delta V_u}{\Delta V_i}\right)_{\Delta i = 0} = \frac{1}{\mu + 1} \; . \; . \; . \quad (2)$$

en

$$R_i = \left(-\frac{\Delta V_u}{\Delta i}\right)_{\Delta V_i = 0} = \frac{\mu}{S\,(\mu+1)} \; . \quad (3)$$

Bij benadering is dus $\alpha = 1/\mu$ en $R_i = 1/S$.

Uit (1a) volgt ook, welke verzwakking optreedt voor het geval, dat het apparaat belast is met een constante uitwendige weerstand R_u. Dan treedt namelijk in de plaats van $\Delta i = 0$, $\Delta i = \Delta V_u/R_u$. Het resultaat is:

$$\frac{\Delta V_u}{\Delta V_i} = \frac{1}{\mu + 1 + \dfrac{\mu}{R_u S}} \; .$$

We dienen ook na te gaan, welke waarde de inwendige weerstand aanneemt voor het geval het voedingsapparaat, dat de spanning Vi levert, zelf een inwendige weerstand R_v bezit; dan geldt niet $\Delta V_i = 0$, maar $\Delta V_i = -R_v \Delta i$ en we vinden:

$$R_{\text{totaal}} = \frac{\mu}{S\,(\mu + 1)} + \frac{R_v}{\mu + 1} \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Vergelijken we (4) met (3), dan zien we, dat de inwendige weerstand vergroot is met een bedrag $R_v/(\mu + 1)$. Dit is ook duidelijk, daar een ingangs-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

spanningsverandering $R_v \Delta i$ blijkens (2) aanleiding geeft tot een uitgangsspanningsverandering $R_v \Delta i/(\mu + 1)$.

Om een idee van de gebruikelijke orde van grootte te krijgen, kunnen we in bovenstaande formules invullen: $\mu = 20$, $S = 10$ mA/V en $R_v = 500$ ohm. Formule (3) levert dan voor a de waarde 0,048 en formule (4) voor de totale inwendige weerstand: $95 + 24 = 119$ ohm.

Eenige verbeteringsmogelijkheden

Continu instellen van de spanning

Zooals we boven zagen, stelt de uitgangsspanning zich in op een waarde iets hooger dan die van de batterij. De uitgangsspanning kan dus gewijzigd worden door de spanning van de batterij te veranderen. Dit kan gebeuren door meer of minder cellen in te schakelen. De spanningswijziging kan dan echter uiteraard slechts in stappen geschieden. Voor een continue instelling zouden we over een of meer cellen een potentiometer kunnen aanbrengen; dit beteekent echter een belasting van de batterij, die na verloop van tijd een belangrijke spanningsdaling tengevolge zal hebben.

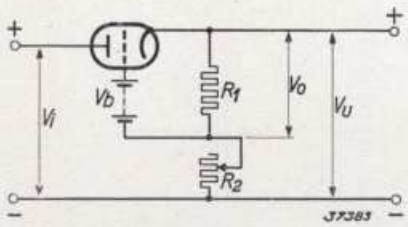

Fig. 2. Door het stuurrooster via de batterij niet met de negatieve uitgangsklem te verbinden, maar met de aftakking van een potentiometer R_1, R_2, wordt de uitgangsspanning continu instelbaar gemaakt.

In *fig. 2* is nu een schakeling aangegeven, waarbij het mogelijk is, zonder de batterij te belasten, de spanning continu in te stellen. De negatieve pool van de batterij wordt niet aan de negatieve uitgangsklem gelegd, maar aan de aftakking van een instelbare potentiometer, die tusschen de uitgangsklemmen van het apparaat is aangebracht. Het zal duidelijk zijn, dat al hetgeen in het voorgaande werd afgeleid voor de uitgangsspanning V_u, nu geldt voor de spanning V_0 over de weerstand R_1 van de potentiometer. Tusschen V_u en V_0 bestaat de betrekking

$$V_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_0 .$$

Hieruit volgt in de eerste plaats, dat de uitgangsspanning lineair afhankelijk is van de variabele weerstand R_2. Verder kunnen we gemakkelijk inzien, dat zoowel a als R_i ongeveer evenredig zullen zijn met V_u/V_0. Van een uitgangsspanningsvariatie ΔV_u komt nu nl. slechts het gedeelte

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \Delta V_u = \frac{V_0}{V_u} \Delta V_u$$

op het rooster van de triode. Om het rooster op dezelfde manier te beïnvloeden als in de schakeling van fig. 1 is dus een V_u/V_0 maal zoo groote uitgangsspanningsvariatie noodig. De bij een gegeven verandering van de ingangsspanning of van de afgenomen stroom optredende schommelingen van V_u blijken dus in eerste instantie met een factor V_u/V_0 toe te nemen. Wij zien hieruit, en dat geldt ook voor de nog volgende schakelingen, dat het belangrijk is de spanning V_0 en dus de batterijspanning niet lager te kiezen dan noodzakelijk is in verband met de laagste uitgangsspanning, die men nog wil kunnen instellen.

Verbetering van de regeling met behulp van een tweede versterkerbuis

Hoewel de beschreven schakeling in eenige gevallen reeds tot redelijke resultaten voert, is het voor zeer veel toepassingen gewenscht om aan nog hoogere eischen te kunnen voldoen. Een zeer aanzienlijke verbetering kan worden bereikt door de fluctuaties van de roosterspanning van de regelende buis met behulp van een tweede buis te versterken.

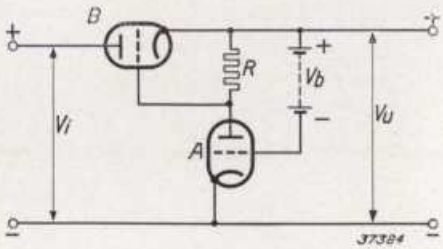

Fig. 3. Stabilisatorschakeling met verhoogde gevoeligheid. De spanningsvariaties op het stuurrooster van de regelende buis B zijn met behulp van een tweede buis A versterkt.

In *fig. 3* is de schakeling aangegeven. Stijgt de uitgangsspanning met een bedrag ΔV_u, dan wordt de roosterspanning van buis A evenveel hooger (minder negatief); daardoor stijgt de plaatstroom door R, en indien de versterking n bedraagt, zal de roosterspanning van B een bedrag $n\Delta V_u$ meer negatief worden. Hieruit volgt, dat wij onze vroegere uitkomsten zonder meer op dit geval kunnen overdragen, indien we maar de steilheid en de versterkingsfactor met een factor n vermenigvuldigen. In analogie met (2) en (4) vindt men dus direct

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

$$a = \frac{1}{n\mu + 1} \approx \frac{1}{n\mu} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

$$R_{\text{totaal}} = \frac{\mu + R_v S}{S\,(n\mu + 1)} \approx \frac{1}{nS} + \frac{R_v}{n\mu} \quad \ldots \quad (6)$$

De constantheid van de uitgangsspanning, zoowel bij fluctuaties van de netspanning als bij fluctuaties van de afgenomen stroom, wordt dus ongeveer met een factor n verbeterd.

Toepassing van een neon-stabilisatiebuis

Aan de schakeling van fig. 3 zijn nog eenige bezwaren verbonden, die uit het volgende mogen blijken. De spanning over de weerstand R dient als negatieve roosterspanning van B en varieert, al naar gelang de door het apparaat afgegeven stroom groot of klein is, van circa 1 tot 15 volt. De plaatstroom van A verandert dus ook in de verhouding 1 : 15, wat met zich meebrengt, dat (als gevolg van de kromming van de i_a-V_g-karakteristiek) de steilheid van A en daardoor de versterking n zeer sterk afhankelijk is van de door het apparaat afgegeven stroom.

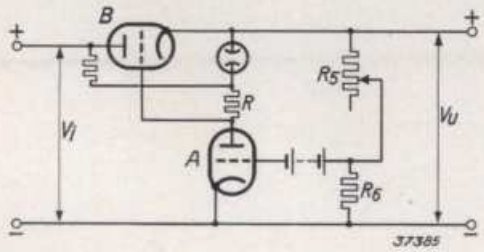

Fig. 4. Door de weerstand R van fig. 3 niet rechtstreeks maar via een neon-stabilisatiebuis met de positieve uitgangsklem van de schakeling te verbinden, kan men het spanningsverval langs deze weerstand vergrooten en op deze wijze een grootere en beter constante versterking van buis A verkrijgen.

Aan dit bezwaar kan men het hoofd bieden door in de schakeling een neon-stabilisatiebuis op te nemen, zooals is aangegeven in *fig. 4*. Deze buis wordt over een weerstand gevoed uit de spanningsbron V_i. De weerstand R ligt dus aan de positieve electrode van de neonbuis, die een brandspanning heeft van circa 100 volt. Zooals we zagen, heeft het rooster van de buis B een negatieve spanning van ca 1 tot 15 V ten opzichte van de kathode. We zien dus, dat de spanning over de weerstand R in fig. 4 circa 100 volt grooter is dan in fig. 3 en nu varieert van circa 101 tot 115 volt. De relatieve verandering is dus veel geringer, de versterking n is dus ook veel minder sterk afhankelijk van de door het apparaat afgegeven stroom. Bovendien kan de weerstand R veel grooter gekozen worden met behoud van dezelfde plaatstroom, dus dezelfde steilheid, van A. De versterking zal dus niet alleen veel constanter doch ook veel grooter zijn [1]).

Daar ook de versterkingsfactor μ van buis B slechts weinig afhankelijk is van de afgegeven stroom, is de verzwakkingsfactor a, die volgens verg. (5) ongeveer $1/n\mu$ bedraagt, practisch voor alle waarden van de afgegeven stroom dezelfde. Met de inwendige weerstand, die volgens verg. (6) ongeveer $1/nS + R_v/n\mu$ bedraagt, is dit in veel mindere mate het geval: de steilheid van de buis B neemt af, naarmate de plaatstroom kleiner wordt. Het gevolg daarvan is, dat de inwendige weerstand grooter wordt, naarmate de afgegeven stroomsterkte kleiner is.

Onderstellen we, om ons een denkbeeld te vormen van de bereikte resultaten, dat met buis A een versterking $n = 125$ wordt behaald, dan vinden we met de reeds eerder gebruikte waarden $\mu = 20$, $S = 10$ mA/V (voor buis B) en $R_v = 500$ ohm:

$$a = \frac{1}{2500} = 0{,}4\ ^0/_{00},$$

$$R_{\text{totaal}} = 0{,}8 + 0{,}2 = 1{,}0 \text{ ohm}.$$

Hieruit zien we, dat we door toepassing van de tweede versterkerbuis en de stabilisatiebuis een 120-voudige verbetering hebben verkregen.

De uitgangsspanning kan op een soortgelijke wijze als in het schema van fig. 2 met behulp van een potentiometer continu worden ingesteld. Ook hier geldt, dat de verzwakkingsfactor en de inwendige weerstand evenredig zijn aan de verhouding tusschen uitgangsspanning en batterijspanning. Daar van de aftakking van de potentiometer geen stroom wordt afgenomen, kunnen de weerstanden R_5 en R_6 van de potentiometer willekeurig groot worden gekozen, zoodat deze potentiometer zeer weinig extra energie verbruikt. In de practijk blijkt dit echter niet noodig en zelfs niet gewenscht

[1]) Het is nog op andere wijze mogelijk het spanningsverval over de weerstand R te vergrooten, namelijk door deze weerstand rechtstreeks aan de positieve ingangsspanning te leggen. Stijgt nu de ingangsspanning, dan is voor een goede regeling weer noodzakelijk, dat de roosterspanning van B meer negatief wordt. Daarvoor is echter in dit geval een veel grootere toename noodig van de plaatstroom van A dan in de schakeling met de neonbuis. Immers, zouden we in deze laatste schakeling de plaatstroom van A constant houden, dan zou ook de roosterspanning van B niet veranderen bij stijgende ingangsspanning, terwijl in de andere schakeling de roosterpotentiaal van B bij constante plaatstroom van A evenveel stijgt als de ingangsspanning. Het teniet doen van deze stijging van de roosterpotentiaal eischt een extra toename van de plaatstroom van A. Een nadere beschouwing leert, dat de verandering van de roosterspanning van buis A in dit geval een factor μ grooter moet zijn dan in de schakeling met de neonbuis. De regeling is dus ook een factor μ slechter.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

te zijn. Wordt nl. van het apparaat slechts weinig stroom afgenomen, dan moet de buis B sterk „afgeknepen" worden en hierdoor wordt de steilheid van deze buis sterk verlaagd. Beter is het, de weerstanden R_5 en R_6 niet te groot te kiezen, zoodat de buis B nooit een al te kleine stroom moet leveren. De steilheid van deze buis blijft dan grooter en de waarden a en R_i blijven dan kleiner en beter constant.

Volledige opheffing van spanningsvariaties

Het bij de tot nu toe beschreven schakelingen gevolgde principe veroorlooft weliswaar een zeer sterke reductie van de spanningsvariaties, maar het is principieel onmogelijk om op de beschreven wijze een volledige opheffing van de spanningsvariaties te bereiken. Immers de versterkerbuis A en daarmede tevens de buis B wordt gestuurd door de uitgangsspanning; om het regelorgaan in werking te doen treden is het dus principieel noodzakelijk, dat de uitgangsspanning een zekere, zij het dan ook kleine, verandering ondergaat. Door het stuurrooster van de versterkerbuis niet alleen met de uitgangszijde, maar ook met andere punten van de schakeling te koppelen, is het echter mogelijk, de resteerende spanningsverandering nog te compenseeren en desgewenscht zelfs een overcompensatie te bereiken.

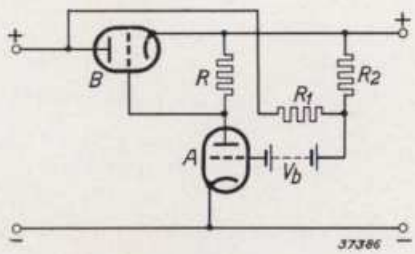

Fig. 5. Schakeling, waarbij de uitgangsspanning exact constant blijft bij een verandering van de ingangsspanning.

Fig. 5 laat zien, op welke wijze de invloed van een variatie van de ingangsspanning op de uitgangsspanning kan worden gecompenseerd. Wenscht men, dat de uitgangsspanning en de door de buis B loopende uitgangsstroom exact constant blijven, terwijl de ingangsspanning met een bedrag ΔV_i verandert, dan moet de stuurroosterspanning van buis B een tegengestelde verandering met een bedrag $\Delta V_g = \Delta V_i/\mu$ ondergaan. Deze verandering is n maal zoo groot als de verandering van de roosterspanning van buis A, zoodat deze verandering de waarde

$$\Delta V_{g_A} = \frac{\Delta V_i}{n\mu} \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

moet bezitten. Nu is V_{g_A} gelijk aan de volmaakt constant onderstelde uitgangsspanning, verminderd met de eveneens geheel constante batterijspanning en het spanningsverlies over de weerstand R_2. Dit laatste varieert met de ingangsspanning volgens de betrekking:

$$\Delta V_{R_2} = \Delta V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Teneinde aan verg. (7) te voldoen, moet men de weerstanden zoodanig kiezen, dat

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{n\mu} \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

Voor $n = 125$, $\mu = 20$, levert dit $R_1/R_2 = 2500$, dus bijv. $R_1 = 2{,}5$ megohm, $R_2 = 1000$ ohm.

Gezien het feit, dat het op deze wijze mogelijk is de spanningsvariaties geheel op te heffen, zou men zich kunnen afvragen, waartoe het noodzakelijk is om n zoo groot mogelijk te maken. Dit zou inderdaad overbodig zijn, wanneer men aan verg. (8) voor alle bedrijfstoestanden exact kon voldoen. Daar echter, ook bij toepassing van de neonbuis volgens fig. 4, zoowel n als μ nog eenigszins met de afgegeven stroomsterkte varieeren, is dit niet mogelijk. Er blijft dus voor de meeste bedrijfstoestanden een zekere spanningsvariatie over, die positief of negatief kan zijn en bij benadering gegeven is door:

$$\frac{\Delta V_u}{\Delta V_i} \approx \frac{1}{n\mu} - \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Zij is dus kleiner naarmate n grooter is.

Hebben we, door te voldoen aan verg. (8), een volledige spanningscompensatie verkregen, dan verdwijnt tevens het gedeelte van de inwendige weerstand, dat afkomstig is van R_v (verg. 4 en 6). Door een kleine uitbreiding van de compensatieschakeling kan men echter het overblijvende gedeelte van de inwendige weerstand eveneens exact compenseeren. In *fig. 6* is het schema aangegeven. Wij beschouwen een stroomverandering Δi en willen weer onderstellen, dat de uitgangsspanning exact constant blijft. Voor de verandering van de stuur-

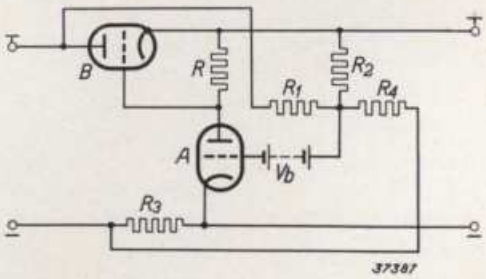

Fig. 6. Schakeling, waarbij de uitgangsspanning exact constant blijft bij een verandering van de afgegeven stroom.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

roosterspanningen van de buizen B en A volgt dan resp.:

$$\Delta V_{g_B} = \frac{\Delta i}{S}, \text{ waarin } S \text{ de steilheid van buis } B, \text{ en}$$

$$\Delta V_{g_A} = \frac{1}{n}\Delta V_{g_B} = \frac{\Delta i}{nS} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Door juiste keuze van de weerstanden R_3 en R_4 kan men de gewenschte verandering van de stuurroosterspanning van buis A verkrijgen. De stroomvariatie veroorzaakt over de weerstand R_3 een spanningsvariatie $R_3\Delta i$ en hiervan komt de fractie $R_2/(R_2+R_4)$ op het stuurrooster van de buis A. (Ondersteld is hierbij $R_1 \gg R_2$, wat steeds het geval is.) Door dit gelijk te stellen aan de volgens verg. (9) vereischte waarde verkrijgt men als conditie voor het verdwijnen van de inwendige weerstand de betrekking:

$$R_3 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4} = \frac{1}{nS} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Met $n = 125$, $S = 10$ mA/V, $R_2 = 1000$ ohm en bijv. $R_4 = 50\,000$ ohm komen we tot $R_3 = 40$ ohm.

Daar S vrij sterk en ook n in zekere mate met de stroomsterkte verandert, zal verg. (10) slechts voor een bepaalde waarde van de stroomsterkte exact gelden. Er blijft dan in het algemeen een zekere inwendige weerstand over, die gegeven is door:

$$R_{\text{totaal}} \approx \frac{1}{nS} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} R_3 + R_v \left(\frac{1}{n\mu} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right).$$

Een moeilijkheid ontstaat nu, als we de spanning weer instelbaar wenschen te maken. Zouden we dit doen op een wijze als in *fig. 7* voor spanningscompensatie is aangegeven, dan zou de mate van compensatie afhankelijk zijn van de ingestelde spanning. Immers, het gedeelte van de ingangsspanningsvariatie ΔV_i, dat op het rooster van A komt, wordt bepaald door de verhouding van R_1 tot de parallelschakeling van R_5 en R_6 [2]) en is daarom afhankelijk van R_5. Het gevolg zou zijn, dat, indien bij lage uitgangsspanning de compensatie

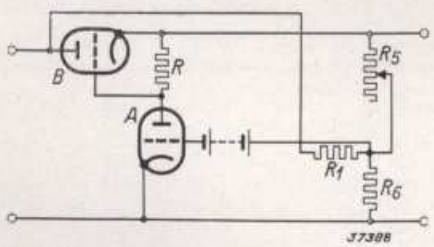

Fig. 7. Schakeling, waarbij de spanningscompensatie volgens fig. 5 gecombineerd is met de instelbaarheid volgens fig. 4. Een nadeel is, dat de fractie van de ingangsspanningsverandering, die op het rooster van buis A komt, afhankelijk is van de waarde van de weerstand R_5, dus van de ingestelde uitgangsspanning.

juist is, bij hooge uitgangsspanning overcompensatie zou optreden dwz. uitgangsspanningsverlaging bij ingangsspanningsverhooging. Dezelfde moeilijkheid treedt in gelijke mate op voor wat betreft de compensatie van de inwendige weerstand.

Het is nu echter mogelijk met behulp van een brugschakeling deze bezwaren te ondervangen. In het volledige schema, *fig. 8*, is deze schakeling aangegeven zoowel voor spanningscompensatie als

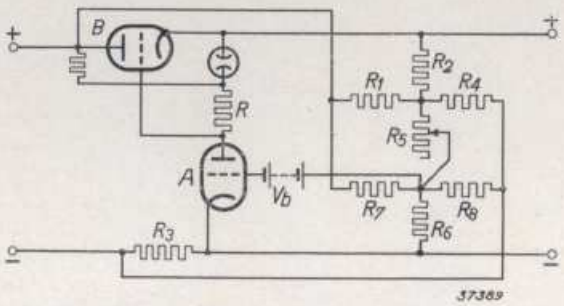

Fig. 8. Schakeling, waarbij de compensaties volgens fig. 5 en 6 gecombineerd zijn met de instelbaarheid volgens fig. 4. Door middel van een brugschakeling is het nadeel van de schakeling van fig. 7 opgeheven.

voor compensatie van de inwendige weerstand. De brugschakeling uit deze figuur is ter wille van de duidelijkheid nog eens afzonderlijk in *fig. 9* aangegeven.

De weerstanden R_1, R_2, R_6 en R_7 vormen een brug van Wheatstone, waarin R_5 de diagonaal is. We zien onmiddellijk, dat de fractie van ΔV_i, die op het rooster van buis A komt, onafhankelijk is van de waarde van de weerstand R_5, mits voldaan is aan de voorwaarde

$$R_1 : R_2 = R_7 : R_6.$$

Maken we bovendien deze verhouding, overeenkomstig verg. (8), gelijk aan $n\mu - 1$, dan is daarmede

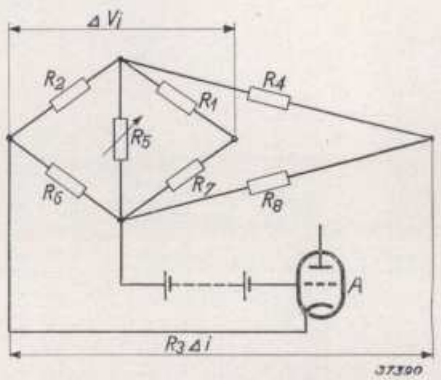

Fig. 9. Schema van de brugschakeling van fig. 8.

[2]) Daar we onderstellen, dat tusschen de uitgangsklemmen geen spanningsvariaties optreden, kunnen we bij het onderzoek naar het gedrag van de schakeling ten opzichte van spanningsvariaties deze klemmen als onderling doorverbonden beschouwen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

tevens aan de compensatie-voorwaarde voldaan. We hebben dus bereikt, dat, onafhankelijk van de grootte van de weerstand R_5, voor alle waarden van de ingestelde spanning de spanningscompensatie juist is.

Hetzelfde geldt ook voor de compensatie van de inwendige weerstand. Hier wordt de brug gevormd door de weerstanden R_4, R_2, R_6 en R_8, met R_5 weer als diagonaal. Is nu weer

$$R_4 : R_2 = R_8 : R_6$$

en bovendien deze verhouding overeenkomstig verg. (10) gelijk aan $nS\,R_3 - 1$, dan is ook de compensatie van de inwendige weerstand voor alle waarden van de ingestelde spanning juist.

De inwendige weerstand voor wisselstroomen

Het zal vaak voorkomen, dat het apparaat behalve gelijkstroom ook nog wisselstroom zal moeten leveren, bijv. indien we het gebruiken als voedingsbron voor een wisselstroomversterker. Van veel belang kan het daarbij zijn (bijv. ter vermijding van ongewenschte koppelingen in versterkers), dat de daarbij optredende wisselspanningen aan de uitgangsklemmen klein zijn; met andere woorden: we wenschen, dat de „inwendige impedantie" voor wisselstroomen klein is.

Hoe ontstaat deze „inwendige impedantie"?

We zagen, dat de inwendige weerstand afhangt van de versterking n van buis A. Deze nu zal bij toenemende frequentie afnemen tengevolge van de capaciteit C_0, die onvermijdelijk over de weerstand R aanwezig is. Het gevolg zal zijn, dat de inwendige weerstand naar hoogere frequenties toeneemt. Het is, alsof zich in serie met de inwendige weerstand voor gelijkstroom R_i een „inwendige zelfinductie" L_i bevindt. Een eenvoudige berekening leert, dat

$$L_i = \frac{V_u}{V_0} \cdot \frac{RC_0}{nS}.$$

De orde van grootte van L_i is eenige microhenries.

Om nu te voorkomen, dat bij hooge frequenties de inwendige impedantie van het apparaat te groot wordt, zijn over de uitgangsklemmen electrolytische condensatoren geplaatst. De inwendige impedantie bestaat dan, voor het geval de inwendige weerstand voor gelijkstroom op de beschreven wijze tot nul is teruggebracht, uit een verliesvrije zelfinductie parallel aan de electrolytische condensatoren. Zetten we de inwendige impedantie uit tegen de frequentie, dan verkrijgen we een resonantiekromme, die echter dank zij de serieweerstand van de condensatoren sterk gedempt blijkt te zijn. Door de keuze van de capaciteit en de serieweerstand zijn we in staat de vorm van de resonantiekromme (de frequentiekarakteristiek) nog in ruime mate te beïnvloeden.

Uitvoering van het toestel

Bij het uitgevoerde apparaat (type GM 4560) kan de uitgangsspanning continu tusschen 150 en 300 V worden ingesteld. Als vergelijkingsspanning dient een droge batterij van 120 V. De maximale stroomsterkte bedraagt 100 mA.

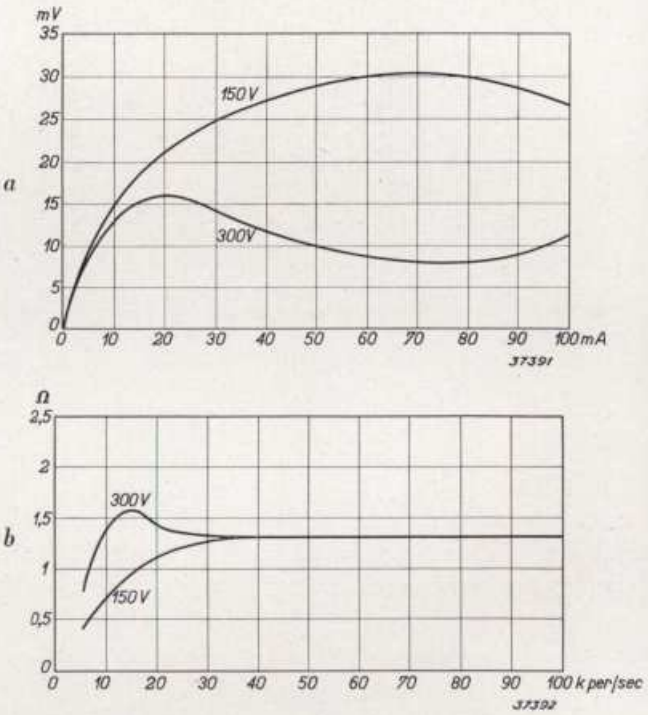

Fig. 10. Diagrammen van het gelijkstroomvoedingsapparaat GM 4560.
a) Verandering van de uitgangsspanning als functie van de afgegeven stroom.
b) Inwendige impedantie als functie van de frequentie.

Een netspanningsvariatie van 5% veroorzaakt een uitgangsspanningsvariatie van minder dan 0,004% van de ingestelde waarde. De verandering van de uitgangsspanning onder invloed van de belasting is in *fig. 10a* weergegeven voor twee verschillende uitgangsspanningen. De helling van deze karakteristiek levert ons de inwendige weerstand. Deze blijkt voor stroomsterkten grooter dan 30 mA hoogstens 0,5 ohm te zijn bij een instelling op 150 volt, en hoogstens 1 ohm bij een instelling op 300 volt. Voor stroomen kleiner dan 30 mA kan de inwendige weerstand het 4-voudige van deze waarden bedragen.

In fig. 10*b* is voor twee verschillende waarden van de uitgangsspanning aangegeven, hoe de inwendige impedantie van het apparaat afhangt van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

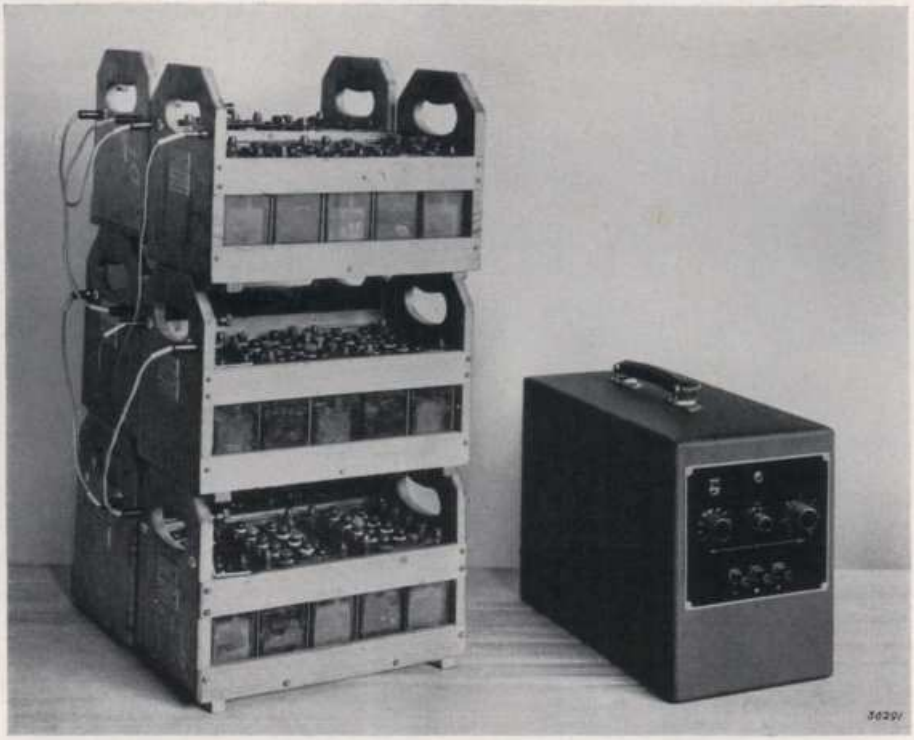

Fig. 11. Het gelijkstroomvoedingsapparaat GM 4560, vergeleken met een accu-batterij van dezelfde spanning en overeenkomstig vermogen.

de frequentie. We zien, dat deze voor alle frequenties kleiner is dan 1,6 ohm. Dat de impedantie bij 100 kper/sec nog ruim 1 ohm bedraagt, is te wijten aan de serieweerstand van de electrolytische condensatoren. Bij nog hoogere frequenties is de impedantie kleiner, doordat parallel aan de electrolytische condensatoren nog een papiercondensator is aangebracht, waarvan de serieweerstand vele malen kleiner is.

De afmetingen van het geheele toestel, dat samengesteld is uit een plaatspanningsapparaat en het beschreven regelorgaan, zijn $20 \times 43 \times 31$ cm. Het gewicht bedraagt ca 19 kg. Hierin is begrepen het gewicht van de batterij (2,5 kg), die zelden binnen een jaar zal behoeven te worden vernieuwd. *Fig. 11* geeft een buitenaanzicht van het toestel; ter vergelijking ziet men daarnaast een accubatterij, welke ongeveer hetzelfde vermogen bij dezelfde spanning levert. Gewicht en volume van de batterij bedragen ongeveer het drievoudige.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

HET CONTROLEEREN VAN CONTACTDRUKKEN

door W. WERNER.

621.3.066.6

Voor het goed functionneeren van schakelaars, contactveeren, enz. is het noodzakelijk, dat de contactdruk binnen bepaalde grenzen ligt: bij te kleine druk wordt de overgangsweerstand te groot en kunnen de contactplaatsen te warm worden, bij te groote druk kan een te snelle slijtage bij veelvuldig schakelen van het contact optreden. Voor elk geval kan men de toelaatbare grenzen van de contactdruk het best proefondervindelijk bepalen. Zoo werd bijv. voor een bepaald soort netschakelaars, dat in radio-ontvangtoestellen wordt toegepast, gevonden, dat de contactdruk tusschen 60 en 120 gram moet liggen.

Bij de massafabricage van deze schakelaars deed zich de vraag voor, hoe men op snelle en eenvoudige wijze kan controleeren, of het individueele product aan de genoemde eisch voldoet. Voor het bepalen van veerdrukken zijn op zichzelf diverse methoden bekend. In het onderhavige geval kon echter een bijzonder eenvoudige en speciaal bij de werkwijzen van de massafabricage aangepaste oplossing worden gevonden door gebruik te maken van de schakelende werking van het te onderzoeken contact zelf. Het principe van de methode is in *fig. 1* en *2* weergegeven. In fig. 1 is c de (geschematiseerde) te onderzoeken schakelaar, a en b zijn twee instelbare hulpcontacten. In de begintoestand zijn a en c gesloten, b geopend. Trekt men de onderste contactstrip van c naar beneden, dan treedt een wedstrijd op tusschen de veerkrachten van de veeren k_1 en k_2 (waarmee de contactdrukken van c resp. a evenredig zijn). Is k_1 veel slapper dan k_2, dan zal bij het trekken op een gegeven oogenblik het contact c opengaan; trekt men nog verder, dan zal bij een zekere uitrekking van de veer k_1 de kracht hiervan groot genoeg worden om de trek van k_2 te overwinnen, zoodat dan het contact a wordt geopend. Is omgekeerd k_2 veel slapper dan k_1, dan zal bij het trekken eerst contact a worden geopend en daarna pas het contact c. Is k_1 voldoende stijf, dan zal zelfs eerst nog het contact b worden gesloten, alvorens c geopend wordt.

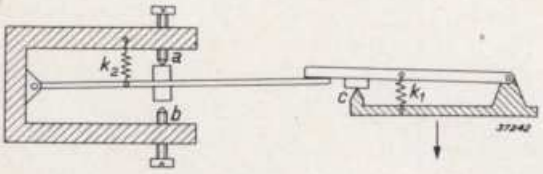

Fig. 1. Principe van de opstelling voor het controleeren van contactdrukken; c de te onderzoeken schakelaar, a en b hulpcontacten.

De hulpcontacten a en b worden zoodanig ingesteld, dat a geopend wordt, wanneer door het naar

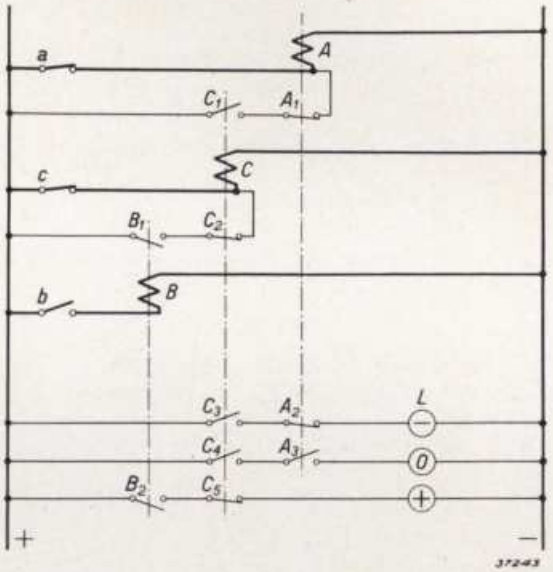

Fig. 2. Schakeling van het apparaat. De contacten zijn alle in de beginstand geteekend; de relais A en C voeren hierbij stroom, B niet. Bij stroomdoorgang door een relais is de bijbehoorende schakelstang (streep-punt-lijn) omhooggeheven. Wordt dus bijv. a geopend, dan valt relais A uit met het gevolg, dat de schakelaars A_1 en A_2 worden geopend, A_3 gesloten. Bij openen van c valt relais C uit, de schakelaars C_1, C_3, C_4 worden dus gesloten en C_2, C_5 geopend. Bij sluiten van b komt relais B in en de schakelaars B_1 en B_2 worden gesloten.

Is nu de schakelvolgorde c open, a open, b dicht, dan valt C uit, A blijft echter in (doordat C_1 nu gesloten en a dus overbrugd is), B komt in; van de drie lampjes L gaat alleen lampje — branden. Bij de schakelvolgorde a open, c open, b dicht vallen A en C uit, B komt in; alleen lampje 0 gaat branden. Bij de volgorde a open, b dicht, c open valt A uit, B komt in, C blijft in (doordat B_1 nu gesloten en c dus overbrugd is), en lampje + gaat branden.

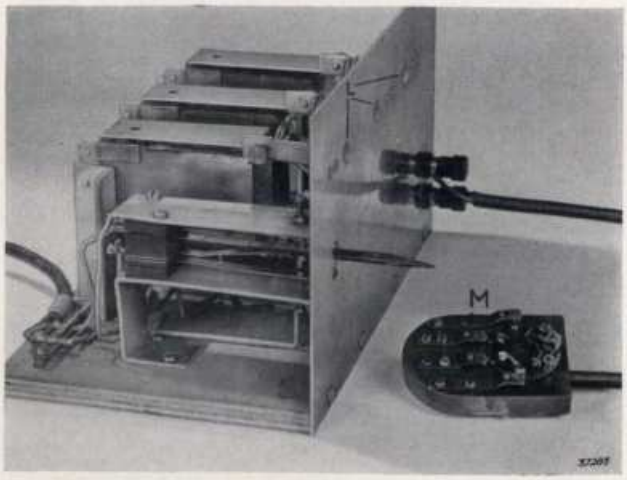

Fig. 3. Foto van het apparaat. M mal, L lampjes.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

beneden trekken de contactdruk van *c* juist met 60 gram is verminderd, en dat *b* wordt gesloten, wanneer deze vermindering 120 g bedraagt. Ligt dus de contactdruk van de te onderzoeken schakelaar binnen de gewenschte grenzen, dan zal bij het naar beneden trekken eerst het openen van *a* optreden, dan het openen van *c* en tenslotte het sluiten van *b* (volgorde *a* open, *c* open, *b* dicht). Is de contactdruk te klein, dan is de volgorde *c* open, *a* open, *b* dicht; is hij te groot, dan is de volgorde *a* open, *b* dicht, *c* open. Door de drie contacten *a*, *b*, *c* worden nu drie relais *A*, *B*, *C* bediend, welke op de in fig. 2 aangegeven wijze zijn geschakeld. Men overtuigt zich aan de hand van deze figuur, dat bij elke der drie genoemde schakelvolgorden het slotresultaat is, dat één der drie lampjes —, 0 of + brandt, waarmee onmiddellijk de kwalificatie van de onderzochte contactdruk als „te zwak", „goed", resp. „te sterk" verkregen is. Door bijbuigen van de contactveeren kan dan een afwijking dadelijk worden verbeterd.

Fig. 3 toont een foto van het uitgevoerde apparaatje. De te onderzoeken schakelaar wordt in de mal *M* geschoven, waarna de bovenste contactstrip boven de uit het toestel stekende drukvinger wordt gebracht. Bij het neerdrukken van de mal komt op de beschreven wijze één der drie lampjes *L* in actie.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1511: J. L. Snoek: On the effective length of a small Barkhausen discontinuity (Physica 7, 609-624, Juli 1940).

Het onomkeerbare gedeelte van de magnetisatie wordt gegeven door het product van grootte en aantal der zg. Barkhausen-sprongen. Bij zeer lage veldsterkten volgen de meeste ferromagnetische stoffen met groote benadering de wet van Rayleigh, volgens welke het onomkeerbare deel der magnetisatie bij een kleine hysteresislus toeneemt als het kwadraat van de maximale veldsterkte. Deze wet levert een voorwaarde, waaraan de wetten, die aantal en grootte der Barkhausensprongen beheerschen, zullen moeten voldoen. Over deze wetten is nog zeer weinig bekend; het staat echter vast, dat met afnemende veldsterkte de Barkhausen-sprongen zeer klein worden. Van een dergelijke zeer kleine discontinuiteit kan men het verloop der krachtlijnen van te voren berekenen, uitgaande van enkele plausibele onderstellingen. Men vindt op deze wijze een „effectieve lengte" der discontinuiteit en kan op grond hiervan de gunstigste proefvoorwaarden voor de detectie van deze zeer kleine sprongen kiezen. De rekening toont aan, dat de effectieve lengte gelijk is aan het product van de omkeerbare permeabiliteit en de dikte van de draad.

1512: M. J. O. Strutt und K. S. Knol: Bestimmung der magnetischen Permeabilität aus Widerstandsmessungen an Eisendrähten verschiedener Struktur bei Frequenzen der Größenordnung 10^8 Hz im Zusammenhang mit der Größe der Weiss'schen Elementarbezirke (Physica 7, 635-654, Juli 1940).

De permeabiliteit van ijzerdraden bij zeer hooge frequenties kan onder bepaalde onderstellingen worden bepaald uit de verhouding van wisselstroom- en gelijkstroomweerstand. Met de door schrijvers ontwikkelde apparatuur wordt de wisselstroomweerstand van eenige zorgvuldig gepreparereerde draden gemeten tot frequenties van $3 \cdot 10^8$ per/sec. Bij kamertemperatuur blijft de permeabiliteit tot deze frequenties bijna constant. Bij een verlaging der temperatuur tot —183 °C, die voor deze metingen aequivalent is met een verhooging der frequentie tot ongeveer 10^9 per/sec, treedt een daling der permeabiliteit op. De verkregen krommen geven een aanwijzing, dat de permeabiliteit bij nog hoogere frequenties wellicht weer een constante waarde aanneemt. De hypothese, dat dit gedrag te wijten zou zijn aan een zeer dun, niet magnetisch huidje op het oppervlak der ijzerdraden, wordt door proeven met electrolytisch neergeslagen laagjes van ruim 10^{-4} cm dikte niet

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

bevestigd. Een bevredigende interpretatie is echter mogelijk op een door R. Becker aangegeven wijze. Deze interpretatie kan met een door G. Heller aangegeven eenvoudig model nader worden uitgewerkt; met name kan hiermede voor de verschillende draden de orde van grootte van de elementaire gebieden van Weiss worden bepaald. De verkregen uitkomsten worden vergeleken met die van andere onderzoekers. Tenslotte worden eenige onverklaarde vragen besproken en aanwijzingen voor verdere mogelijke proeven gegeven.

1513: C. J. Bakker: Het periodiek systeem der elementen (toelichting bij de plaat) (Ned. T. Natuurk. **7**, 305-310, Aug. 1940).

De toe te lichten plaat stelt het periodieke systeem der elementen voor. In elk der vakjes van het tableau vindt men aangegeven: atoomnummer, atoomaanduiding, atoomgewicht volgens de internationale tabel, electronenconfiguratie van het neutrale atoom in de gebruikelijke notatie, benevens grafisch de isotopenverhoudingen. Chemisch analoge elementen zijn door goed sprekende kleuren aangeduid. Hoewel de plaat èn door rangschikking der gegevens èn door uitvoering reeds veel leert, vindt men in de toelichting een nadere critische behandeling van electronenconfiguraties, isotopen en radioactieve eigenschappen, welke laatste mede in de plaat zijn aangeduid.

1514: J. van Niekerk en Mej. M. S. C. Bliek: De methodiek der vitamine-D ijking op kuikens (Landbouwk. T. **52**, 349-353, Mei-Juni 1940).

Dit is een mededeeling over een demonstratie te Wageningen tijdens de 10e Ned. Landbouwweek. Bij ijking op ratten komt het verschil tusschen dierlijk en plantaardig vitamine-D niet tot uiting. Wel kan men dit vaststellen bij het opfokken van kuikens, waardoor mede zekerheid wordt verkregen, of een vitamine-D-houdend product voor pluimveevoeder en eventueel voor veevoeder geschikt is. Met een eenvoudig samengesteld meelvoeder gedurende de eerste 3 à 4 levensweken treedt rachitis op, die op een röntgenfoto der hakgewrichten der kuikens zeer goed kan worden waargenomen. Bijvoeging van vitamine-D in verschillende concentraties aan het voer toont een verband tusschen de mate van rachitis en het ontbreken van vitamine-D. Een preparaat, geheel bestaande uit dierlijk vitamine-D, geeft het antirachitische effect in dezelfde mate als levertraan. Het genoemde verband tusschen het antirachitische effect en de gegeven concentratie van dierlijk vitamine-D wordt in een ijkkromme vastgelegd. De opnametechniek bij het röntgenonderzoek is eenvoudig, groote groepen kuikens kunnen in enkele uren worden onderzocht.

1515: E. J. W. Verwey and J. H. de Boer: The potential curve of the alkali halide molecules (Rec. Trav. chim. Pays Bas **59**, 633-649, Juli-Aug. 1940).

In hoeverre het electrostatische beeld der ionenbinding in dampen der alkali-halogeniden in de buurt van het minimum der potentiaalkromme juist is, wordt aan drieërlei gegevens onderzocht, nl. : 1) de kernafstanden bij het absolute nulpunt, berekend uit de met behulp van electronendiffractie bij 1200 °C bepaalde atoomafstanden in de damp en de atoomafstanden in de overeenkomstige kristalroosters, 2) de grondfrequenties der atoomtrillingen, berekend uit de potentiaalkrommen, in vergelijking met de waarden uit de spectra, en 3) de bindings- of moleculaire energieën bij het absolute nulpunt, vergeleken met thermische gegevens. De uitdrukking voor de energie $U = -e^2/r + b/r^n$ geeft met $n = 11$ een juist beeld. Door rekening te houden met de polarisaties wordt het beeld beter en kunnen ook binnen de waarnemingsfouten de moleculaire energieën nauwkeurig berekend worden. Voor alle alkali-halogeniden blijkt dan $n = 12$ de beste waarde te zijn. De exponentieele afstooting volgens Born-Mayer blijkt men niet te kunnen gebruiken.

1516: J. H. de Boer: Atomic distances in small graphite crystals and the nature of the bond (Rec. Trav. chim. Pays Bas **59**, 826-830, Juli-Aug. 1940).

De afname van de afstand van de koolstofatomen in de atoomlagen van grafietkristallen en de toename van de afstand tusschen deze lagen, die Hofmann en Wilm voor zeer kleine grafietdeeltjes vonden ten opzichte van normale grafiet, zijn een onmiddellijk gevolg der beide soorten bindingskrachten, die hier een rol spelen. Dit zijn de zoogenaamde homoeopolaire bindingen en de aantrekkingskrachten volgens van der Waals-London.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!